506
ARB
1907

ARBEITEN

AUS DEM

KAISERLICHEN GESUNDHEITSAMTE.

(Beihefte zu den Veröffentlichungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.)



FÜNFUNDZWANZIGSTER BAND.

ERSTES HEFT.

MIT 2 TAFELN.

BERLIN.
VERLAG VON JULIUS SPRINGER.
1907.

Illinois State Natural History Survey
Library

Inhalts-Verzeichnis.

Verlag von **Julius Springer** in **Berlin.**

Die grösseren wissenschaftlichen Arbeiten u. s. w. aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte erscheinen unter dem Titel:

Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte.

in zwanglosen Heften, welche zu Bänden von 30—40 Bogen Stärke vereinigt werden.

Bis jetzt sind erschienen:

Erster Band. — Mit 13 lithograph. Tafeln und Holzschnitten. — **Preis M. 26,—.**

Zweiter Band. — Mit 6 lithograph. Tafeln und Holzschnitten im Text. — **Preis M. 22,—.**

Dritter Band. — Bericht über die Tätigkeit der zur Erforschung der Cholera im Jahre 1883 nach Egypten und Indien entsandten Kommission, unter Mitwirkung von Prof. Dr. Robert Koch bearb. vom Kaiserl. Reg.-Rat Dr. Georg Gaffky. Mit Abbildungen im Text, 30 Tafeln und 1 Titelbilde. — **Preis M. 30,—.**

Fortsetzung auf Seite 3.

506
ARB
1907
NHX

Die Bremischen Abwässer und ihre Beseitigung.

Gutachten

der Deputation für das Gesundheitswesen und der Baudeputation, Abt. Straßenbau,

erstattet von

Professor Dr. Tjaden, Geschäftsführer des Gesundheitsrates der freien Hansestadt Bremen und beauftragt mit der Oberleitung des hygienischen Instituts, Mitglied des Reichsgesundheitsrates,

und

Baurat Graepel, Vorstand der Straßenbau-Inspektion zu Bremen.

(Hierzu Tafel I u. II.)

Dem Gutachten sind die seit 1903 zunächst unter Leitung der Herren Med.-Rat Focke, Baurat Graepel und Prof. Tjaden, später der beiden letzteren allein vom hygienischen Institut und von der Straßenbau-Inspektion ausgeführten Untersuchungen zugrunde gelegt.

Unsere Mitarbeiter, denen wir für ihre sorgfältige Arbeit zu Dank verpflichtet sind, waren die Herren Baumeister Böhler von der Straßenbau-Inspektion, vom hygienischen Institut die Herren Chemiker Zink, Dr. Garbs, Dr. Wewer, Dr. Hollandt und Dr. Fauth, sowie die Mediziner Dr. Röver und Dr. Geiß.

Abschnitt 1. Entwicklung der Abwasserbeseitigungsfrage.

Die Entwicklung der Abwasserbeseitigungsfrage ist für die an den beiden Ufern der Weser liegenden Stadtteile Bremens nicht die gleiche gewesen. Verschiedenartige Abflußverhältnisse und verschieden schnelle Zunahme der Bevölkerungsziffern zeitigten ein verschiedenes Bedürfnis für die Regelung der Abwasserbeseitigung, dem man von Zeit zu Zeit nach Lage der Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse Rechnung zu tragen suchte.

I. Rechtsweserisch.

A. Hemmgrabengebiet (siehe Lageplan Tafel I).

Bis etwa zur Mitte der siebziger Jahre ließ man die Kanalwässer aus dem bei der Hemmstraße ausmündenden Kanal in einen offenen Graben einlaufen, der seinen

Inhalt bei der jetzigen Bewässerungsanstalt in die kleine Wümme ergoß, die ihrerseits, allmählich in eine stinkende Pfütze verwandelt, in trägem Laufe der großen Wümme zuströmte. Die Abzugsgräben und Kanäle des Blocklandes wurden hierdurch ebenfalls im Laufe der Zeit mit übelriechenden Schlammassen angefüllt.

Die erste Anregung, diese Mißstände zu beseitigen, ging von Dr. W. O. Focke aus, der in einer Denkschrift im Jahre 1874 die schlechten Zustände klarlegte und — allerdings mehr vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus — die Winterberieselung des Blocklandes in Vorschlag brachte. Ein direktes Überpumpen der Abwässer in die Weser hielt er für gefährlich. Die Menge der abzuführenden Abwässer hatte Oberbaurat Berg bereits im Jahre 1864 auf 16000 cbm täglich geschätzt.

Die Notwendigkeit einer durchgreifenden Neukanalisation veranlaßte dann die Einholung eines Gutachtens des Berliner Oberbaurats Hobrecht. Letzterer empfahl, die Abwässer nach einer hochgelegenen Stelle bei Gröpelingen zu pumpen und von hier aus in die Weser abzuleiten. Die Menge der Hausabwässer nahm Hobrecht zu $^1/_{37}$ der durch die Kanäle zum Abfluß kommenden größten Regenmengen an. Wegen der hohen Kosten schloß sich die Baudeputation dem Gutachten Hobrechts nicht an, sondern schlug im Jahre 1876 unter Zurückgreifen auf die Anregung Fockes und unter Benutzung eines Projekts des Wasserbauinspektors Heß ihrerseits vor, die Abwässer während der Monate November bis März auf die Wiesen des Blocklandes zu pumpen, während der übrigen Zeit aber, wie seither, der kleinen Wümme zuzuführen.

Dieser Plan kam für das Oberblockland zur Ausführung. Nach anfänglichen Klagen der Anwohner des Blocklandes war man schließlich mit der Überrieselung zufrieden, da der landwirtschaftliche Erfolg ein guter war. Die Klagen über Verschlammung der kleinen Wümme und der Abzugsgräben nahmen mit dem Wachsen der Bevölkerung jedoch zu. Dazu kamen Differenzen zwischen dem Staat und dem Blocklander Entwässerungsverband, welch letzterer sich weigerte, zu den Kosten für eine Reinigung der Wümme beizutragen.

Nach Vermittelungsvorschlägen wurde die Reinigung der Wümme schließlich im Jahre 1881/82 ausgeführt, worauf die vorher unerträglichen Zustände für kurze Zeit besser wurden. Diese Besserung war jedoch keine dauernde und es tauchten deswegen bald wieder Pläne für Klär- und Reinigungsanlagen auf.

In einem Berichte der Baudeputation aus dem April 1889 wurde dagegen geraten, vorläufig von derartigen Anlagen abzusehen, um die Erfahrungen anderer Städte abzuwarten, da man überall Schwierigkeiten in der Beseitigung der gewonnenen Schlammengen gefunden habe. Um den unerträglichen Zustand in der kleinen Wümme aber zu beseitigen, schlug die Baudeputation zweierlei vor:

1. Das Kanalwasser während der Zeit, wo es nicht zum Überstauen verwendet würde, mit Weserwasser fünffach zu verdünnen. Die durchschnittliche Gebrauchsmenge für den rechtsweserischen Stadtteil wurde dabei auf 6 cbm pro Minute und die gesamte, zum Verdünnen notwendige Wassermenge auf $9^1/_4$ Millionen cbm jährlich angenommen. Das Wasser sollte durch ein Pumpwerk bei der Huckpforte dem Kanalnetz zugeführt werden.

2. Der Abzugsgraben an der Hemmstraße sollte an dem linken Ufer der kleinen Wümme entlang geführt und dann jenseits des Waller Fleets in das sog. Maschinenfleet eingeleitet werden. Die Bürgerschaft beschloß im Juli 1889 diesem Vorschlage gemäß, doch ist die Anlage des Grabens nicht zur Ausführung gekommen, da sich bei der weiteren Projektbearbeitung bisher nicht beachtete Schwierigkeiten herausstellten. Auch das Pumpwerk an der Huckpforte wurde nicht ausgeführt, sondern es wurden Einrichtungen getroffen, um die Kanäle teils von der Weser, teils von den Stadtgräben aus zu spülen. Daß die Anlage des projektierten neuen Abzugsgrabens derzeit nur als Provisorium betrachtet wurde, geht daraus hervor, daß die Bürgerschaft gleichzeitig an den Senat das Ersuchen richtete, die Baudeputation zu beauftragen, eine definitive Regelung der Abführung der Kanalwässer im Auge zu behalten und namentlich zu prüfen, ob es sich empfehle, die Reinigung der Kanalwässer auf chemisch-mechanischem Wege einzuführen und ob nicht die Anlage von Rieselfeldern in großem Maßstabe ausgeführt werden könne. Auch die Frage der direkten Ableitung der Kanalwässer nach der Weser wurde erörtert, denn im Juni 1891 ersuchte die Bürgerschaft den Senat um einen Bericht der zuständigen Behörden, ob gegen die Einleitung der städtischen Kanalwässer nach einem hinreichend von der Stadt entfernten Punkte der Weser öffentliche Bedenken beständen und mit welchen Kosten die Abführung der Kanalwässer dahin möglich sei.

Inzwischen war das alte Eimersystem abgeschafft und dafür das Tonnensystem eingeführt worden. Die Hoffnungen, die man auf letzteres gesetzt hatte, verwirklichten sich jedoch nicht und immer brennender wurde die Frage, ob die Einleitung der Fäkalien in die Kanäle möglich und durchführbar sei. Im Mai 1897 erschien dann ein Gutachten des Gesundheitsrates (Dr. Focke) über die Ableitung und Reinigung der stadtbremischen Kanalwässer. Es wurde darin ausgeführt, daß seit der Durchführung der Unterweserkorrektion sich der Wasserspiegel der Weser und damit auch der Lesum erheblich gesenkt habe und daß infolgedessen bei niedrigen Ebbeständen häufiger plötzlich große Abwassermengen in die große Wümme sich entleeren, die Veranlassung zu schweren Klagen der Anwohner der großen Wümme gäben. Man habe deswegen 1896 die natürliche Einmündungsstelle der kleinen Wümme bei Dammsiel schon geschlossen und die Entleerung der Abwässer lediglich durch das Maschinenfleet vorgenommen. Der Gutachter kam zu dem Ergebnis, daß auf alle Fälle, auch wenn das winterliche Überstauen beibehalten werden solle, für die übrige Jahreszeit ein anderes Reinigungsverfahren stattfinden müsse. Er schlug darum vor, daß unter Leitung eines Hygienikers von den verschiedensten Fachleuten Untersuchungen über die zweckmäßigsten Reinigungsverfahren angestellt werden sollten.

Eingehende Untersuchungen hatte inzwischen der damalige Direktor des bakteriologischen Instituts, Dr. Kurth, vom Jahre 1895 an gemacht. In einem Gutachten vom 25. September 1897 „Über die voraussichtliche Verteilung der Kanalwässer des rechten Weserufers nach ihrer unmittelbaren Einleitung am rechten Weserufer unterhalb der Stadt Bremen“ kommt er zu folgendem Ergebnis:

1. Unter Annahme einer täglichen rechtsweserischen Abwassermenge von 12000 cbm findet eine Verdünnung von 1 : 2100 resp. 1 : 700 je nach Flut und Ebbe statt.

2. Auch nach Einleitung der Fäkalmassen in die Kanäle wird eine erheblichere Verschmutzung des Weserwassers nicht stattfinden.

3. Die direkte Einleitung der ungereinigten rechtsweserischen Kanalwässer in die Weser ist unbedenklich, wenn man einen Platz dafür 7 km unterhalb des Holzhafens, etwa bei Mittelsbüren, wählt.

Die Frage der Abwasserreinigung wurde von Kurth ebenfalls geprüft. Unter Annahme einer täglichen Abwassermenge von 12000 cbm hatte er durch Bestimmung des nach Filtration zurückbleibenden Trockenrückstandes des Abwassers die täglich sich ergebende Schlammenge auf 2000 kg berechnet. Seiner Meinung nach würde sich nach Zuleitung der Fäkalien diese Menge um etwa den vierten Teil vermehren. Von diesen Schlammengen sollte sich nach zweistündigem Absitzen die Hälfte zu Boden gesenkt haben. Auf Grund dieser Annahmen machte er den Vorschlag, das Kanalwasser am Ende des Hemmgrabens temporär aufzustauen und an der westlichen Seite des Grabens auf die Ländereien der Feldmark Utbremen zu leiten. Hier seien etwa 100 kleine, mit Erdwällen eingefaßte Felder einzurichten, aus denen nach dreistündigem ruhigen Absitzen das gereinigte Wasser in die kleine Wümme abgeleitet werden könne. Für den Fall, daß dieser Plan wegen der Kanalverhältnisse technische Schwierigkeiten machen sollte, empfahl Kurth, diese Felder im Oberblockland anzulegen und das Wasser dorthin unter Zuhilfenahme der Pumpmaschine des Wetterungsverbandes aufzupumpen. Der erstere Plan wurde von Baurat Graepel in einem Gutachten vom 4. Februar 1898 wegen des Rückstaues des Wassers in die innerhalb der Stadt gelegenen Kanäle als nicht durchführbar bezeichnet.

Anstatt der von Kurth vorgeschlagenen vielen kleinen Absitzbecken empfahl Graepel die Anlage von vier großen Klärteichen mit den erforderlichen Nebeneinrichtungen, wie Umlaufkanälen, Schlammlager usw. (vergl. die Beschreibung im Abschnitt 2). Seinem Vorschlage folgte man im Jahre 1899, doch wurden diese Einrichtungen von allen Seiten nur als provisorische betrachtet, um den dringendsten Mißständen zunächst etwas entgegen zu treten und Zeit für die Beschaffung der nötigen, damals noch fehlenden Unterlagen für die endgültige Regelung der Abwasserbeseitigung zu erhalten.

B. Waller Gebiet.

Die frühere beschränkte Abwässerung der Landgemeinde Walle, welche durch das Waller Fleet nach dem Maschinenfleet hin stattfand, erfuhr eine erhebliche Erweiterung, als die im Jahre 1891 beantragte Vereinigung von Teilen der Landgemeinden Walle und Gröpelingen mit der Stadt stattfand. Nach Plänen des Baurats Graepel wurden die Abwässer dieses neuen Stadtteiles durch eine Anlage, welche von der Waller Chaussee aus am Waller See vorbei in nördlicher Richtung verläuft, ebenfalls dem Maschinenfleet zugeführt (vergl. Lageplan).

II. Linksweserisch.

Wie die rechtsweserische, so hat auch die linksweserische Abwasserbeseitigung eine Reihe von Wandlungen durchgemacht. Bis zum Jahre 1833 wurde das gesamte Abwasser der Neustadt der Weser zugeführt. Da jedoch bei der geringen Höhenlage der

Abzugskanäle (sechs Fuß über Bremer Null) bei dem nicht seltenen Wasserstande von dieser Höhe jegliche Abwässerung aufgehoben wurde, sah man sich genötigt, im Jahre 1833 die Abwässerung durch einen z. T. offenen Graben nach dem Hakenburger See und von da nach der Ochtum vorzunehmen. Starke Verschlammung des Sees und damit im Zusammenhange stehende Erschwerung der Abwässerung vom Neuenlande aus, sowie große Verunreinigung der Ochtum wurden 1866 die Veranlassung, die Abwässerung der Neustadt durch einen Kanal vorzunehmen, welcher bis zu einer Wasserhöhe von 7 Fuß am Brückenpegel beim sog. Teerhause das Abwasser in die Weser leitete. Bei höherem Wasserstande, der als etwa $2^1/_2$ Monate im Jahr vorhanden angenommen wurde, sollte die Abwässerung nach dem Hakenburger See beibehalten werden. Die Menge des durch diesen Kanal abzuführenden Schmutzwassers war im Jahre 1864 durch den Oberbaurat Berg für 12000 derzeit gezählte Bewohner auf 2325 cbm täglich berechnet worden. Für die Südervorstadt, deren Einwohnerzahl sich 1886 auf 12868 Köpfe belief, wurde die regelmäßige Abwässerung nach dem Hakenburger See beibehalten.

Klagen über Belästigungen durch diese Art der Abwässerbeseitigung sowohl nach der Weser hin, wie nach dem Hakenburger See, veranlaßten für ersteres System die Vorschläge, entweder einen Düker bis in die Mitte des Strombettes der kleinen Weser zu legen, oder denselben ganz durch das Separationswerk hindurch in den Hauptstrom der Weser zu leiten. In einem hierzu erstatteten Bericht der Sanitätsbehörde vom Jahre 1887 wurden gelegentliche Geruchsbelästigungen durch den Abzugsgraben und den Hakenburger See zwar zugegeben, der allgemeine Zustand der Anlagen jedoch nicht für bedenklich erklärt. Die Einleitung des Schmutzwassers in die kleine Weser glaubte man, nach gründlicher Ausbaggerung der letzteren, nicht beanstanden zu sollen. Von einer Einleitung der Abwässer in den Hauptstrom der Weser riet man ab, da diese Einleitung doch nur als ein Provisorium angesehen werden könne, weil die Korrektion der Unterweser alsbald beendet sei und alsdann eine Verunreinigung des Stromes innerhalb der Stadt wegen eventuell dadurch drohender Gefahr für die Wasserkunst vermieden werden müsse. Als Provisorium sei die Anlage zu teuer.

Sie wurde jedoch trotzdem ausgeführt, indem nach einem vom Oberbaudirektor Franzius empfohlenen Projekte ein Düker durch das Separationswerk hindurch gelegt wurde.

Mit dem Plane der Neukanalisation des ganzen linksweserischen Abwassergebietes legte dann im Jahre 1892 Baurat Graepel einen Entwurf vor, wonach das gesamte Kanalwasser durch ein am Hakenburger See aufzustellendes Schöpfwerk gehoben und nach einer etwa 500 m unterhalb der Lankenauer Sielöffnung gelegenen Stelle der Weser gedrückt werden sollte. 1894 änderte Graepel diesen Plan insofern, als bei einer geringen Änderung der Linienführung des Kanals Vorrichtungen zum Überstauen von Ländereien getroffen und ein Absitzbecken vor Einmündung des Kanals in die Weser angelegt werden sollte. Das Absitzbecken wurde von vornherein nur als ein Versuch betrachtet. Gegen diesen Plan erhoben nicht nur die Interessenten der Lankenauer Sielacht und die Kammer für Landwirtschaft Protest, sondern auch Direktor Kurth äußerte Bedenken, da er bei früheren Untersuchungen über den Einfluß der linksweserischen Kanalwässer auf die Weser gefunden hatte, daß von der

alten Kanalausmündungsstelle aus die Kanalkeime bei Ebbe mehr als 2500 m unterhalb noch nachweisbar seien, während sie nach oben hin bei Flut ca. 300 m zurückgestaut wurden. Er fürchtete daher, daß durch die neue Anlage die Interessen der Lankenauer Sielacht geschädigt würden. Da jedoch der Gesundheitsrat, obwohl er Kurths Darlegungen zum Teil anerkannte, keine schwerwiegenden Bedenken erhob, kam das Graepelsche Projekt zur Ausführung.

Jedoch auch diese Anlage gab Anlaß zu Klagen über Geruchsbelästigungen, so daß 1899 neue Projektbearbeitungen gefordert wurden, wobei namentlich auf die Beseitigung der Abwässer durch Rieselfeldanlagen Rücksicht genommen werden sollte.

Die Tatsache, daß inzwischen das biologische Verfahren in größerem Maßstabe in England praktisch zur Verwendung kam, sowie Schwierigkeiten, welche sich der Ausführung des Rieselung-Projektes entgegenstellten, dann die immer mehr sich steigernden rechtsweserischen Abwasserkalamitäten veranlaßten, daß vom Jahre 1902 an die Frage der gesamten stadtbremischen Abwasserbeseitigung von neuem einer Bearbeitung unterworfen wurde. Die praktischen Arbeiten wurden im Juni 1903 begonnen, die Ergebnisse derselben sollen in den nachfolgenden Abschnitten dargelegt werden.

Abschnitt 2. **Die zur Zeit für die Abführung der Abwässer bestehenden Anlagen.**

a) Zur Zeit besteht für das sog. Hemmgrabengebiet die bereits in dem vorigen Abschnitt unter 1 A erwähnte Kläranlage. Bei dieser Einrichtung fließt das Wasser, nachdem es zunächst durch einen unter der kleinen Wümme befindlichen Düker nach einem zwischen der Achterstraße und der kleinen Wümme belegenen Schlammsumpf geführt ist, mittels eines unterirdischen Kanales einem Schöpfwerk zu. Bevor es in die Pumpen gelangt, durchströmt das Wasser ein Sieb, das bei einer Stabweite von 3,5 cm die gröberen Schwimmstoffe zurückhält. Nach dieser Vorreinigung wird das Wasser in einen durch Deiche hergestellten, hochgelegenen Graben gehoben, von dem es alsdann in die Klärbecken eingelassen wird.

Das Schöpfwerk besteht aus zwei liegenden Dampfmaschinen mit direkt auf der Welle angehängten Neukirchschen Zentrifugalpumpen. Als Dampferzeuger sind zwei Dampfkessel vorhanden, die sich abwechselnd im Betriebe befinden.

Die Kläranlage bestand ursprünglich aus vier ungeteilten Klärbecken.

Die Länge der einzelnen Becken ist zufolge der örtlichen Verhältnisse eine verschiedene und beträgt in runden Maßen ausgedrückt 146—175 m (vergl. beiliegenden Situationsplan M. 1 : 2000, Tafel II). Die Breite der Becken ist im Mittel 20 m, die Füllhöhe beträgt etwa 50 cm.

Die Kläranlage ist nur als eine provisorische Einrichtung zu betrachten, daher die Becken in Erddämmen ausgeführt und mit aus einfachen Brettern hergestellten Böden versehen sind.

Auch alle Nebenanlagen sind zweckentsprechend mit möglichst geringen Mitteln, soweit tunlich, in Holz hergestellt.

Die Länge der Klärteiche ist im Verhältnis zu den in anderen Städten zur Ausführung gekommenen Anlagen eine ziemlich große. Für die Bauart ist der Gedanke

maßgebend gewesen, daß die zu reinigenden Abwässer neben ihrer mechanischen Reinigung möglichst lange Zeit auch der Einwirkung der Luft und insbesondere auch der Lichtstrahlen ausgesetzt werden sollten, indem davon eine reinigende und Bakterien tötende Wirkung erwartet wurde. Anfänglich wurde der Betrieb des Klärverfahrens derart gestaltet, daß die Becken abwechselnd gefüllt und alsdann einige Stunden stehen gelassen wurden, um so bei vollständiger Ruhe des Wassers eine Ausscheidung der ungelösten Schmutzstoffe in möglichst vollkommenem Maße zu erzielen. Nach dem Ablauf der Ruhezeit, die je nach der Menge der zu reinigenden Abwässer bemessen werden mußte, wurde das Wasser durch Entfernen von kleinen, am unteren Ende der Klärteiche angebrachten Staubrettern langsam abgelassen.

Diese Betriebsweise zeigte sich sehr bald als undurchführbar, weil die Becken nicht ausreichten, um das Wasser genügende Zeit der Ruhe zu überlassen und mit der erforderlichen Sorgfalt abzulassen. Vielmehr mußte das Wasser, nachdem sich die Sinkstoffe abgelagert hatten, so rasch abgelassen werden, daß die leichteren Schwimmstoffe, die naturgemäß an der Oberfläche der Schlammablagerungen sich befinden, wieder in Bewegung gerieten. Außerdem zeigten sich an der Oberfläche des Wassers Fladen, die durch die Fäulnis der Schlammasse entstanden und beim Ablassen des Wassers mit abflossen. Nach diesen Ergebnissen wurde ein kontinuierlicher Betrieb in der Weise eingeführt, daß die Wassermengen mit einer Geschwindigkeit von im Mittel 8—10 mm in der Sekunde die Klärbecken durchflossen. Diese Betriebsweise ergab weit bessere Resultate, doch trat auch hierbei die Bildung von Fäulnisblasen und demzufolge auch das Auftreiben eines Teiles des bereits niedergeschlagenen Schlammes ein.

Da die zugeführten Wassermengen je nach der Tageszeit und den Witterungsverhältnissen wechselten, so konnten auch die Stromgeschwindigkeiten in den Becken nicht gleichmäßig gehalten werden; um nun bei Vergrößerung der Durchflußgeschwindigkeit ein Mitreißen des bereits abgelagerten Schlammes tunlichst zu verhüten, wurden etwa in der halben Länge der Becken Stauvorrichtungen eingebaut, um damit die Geschwindigkeit in den unteren Wasserschichten möglichst gering zu halten. Zum Zurückhalten der an der Oberfläche schwimmenden Schmutzteilchen wurden gleichzeitig hochkantig stehende Schwimmbretter angebracht. Diese Einrichtungen ergaben wiederum eine wesentlich bessere Wirkung.

Die bereits erwähnten Fäulnisprozesse machen eine recht häufige Reinigung der Becken erforderlich; es ist daher der Betrieb so eingerichtet worden, daß von den vier Becken stets drei in Benutzung sind, während das vierte gereinigt wird. Zum Zwecke der Reinigung wird der Zufluß des Kanalwassers zu dem Becken abgestellt und die obere Wasserschicht nach der kleinen Wümme abgelassen, während das unmittelbar über dem Schlamm befindliche Wasser nach dem Pumpensumpf abgeführt und nochmals gereinigt wird.

Für die Ableitung des über dem Schlamm befindlichen Wassers und des Schlammes selbst dient eine unterirdische Rohrleitung, in der ein Schieberschacht eingeschaltet ist, von dem aus der Abfluß, je nachdem es sich um nochmals zu reinigendes Wasser oder um Schlamm handelt, nach dem Pumpensumpf oder dem Schlamm-

bassin stattfinden kann. Die Rohrleitung hat in den Klärbecken zwei Einlaßöffnungen, von denen die eine Öffnung höher liegt und zum Ablassen des Wassers dient, während die tief liegende Öffnung den nach dem Schlammbassin abzulassenden Schlamm aufnimmt.

Der aus den Becken abzuleitende Schlamm ist so dickflüssig, daß er durch Arbeiter mittels Gummischrubber auf dem Boden der Becken weitergeschoben und der Schlammöffnung zugeführt werden muß.

Der Schlamm wird aus dem Schlammbassin mittels einer gewöhnlichen Zentrifugalpumpe gehoben und nach den Schlammablagerungsplätzen geleitet. Im allgemeinen ist der Schlamm für diesen Zweck genügend flüssig, erforderlichenfalls wird etwas Wasser zugesetzt, um ein Verstopfen der Zentrifugalpumpe zu verhüten.

Sehr erschwert wurde die Reinigungsarbeit durch die große Länge der Becken, indem der Schlamm auf der ganzen Strecke vorwärts geschoben werden mußte, was viel Zeit und Kostenaufwand verursachte. Es hat daher eine Querteilung der Becken stattgefunden, wobei unmittelbar oberhalb dieser Querabdämmung die vorbeschriebenen Einrichtungen zur Abführung des Schlammes getroffen sind, so daß jetzt nur noch der Schlamm in der halben Länge der Becken zusammengeschoben zu werden braucht. Durch diese Einrichtung sind erhebliche Betriebserleichterungen und Kostenersparnisse erzielt worden.

Zur Unterbringung des Schlammes war ursprünglich ein durch Holzwände in mehrere Abteilungen zerlegtes durch Deiche eingefaßtes Schlammablagerungsbecken hergestellt. Die Holzwände waren in den oberen Teilen mit Löchern versehen, aus denen das an der Oberfläche des Schlammes sich sammelnde Wasser austreten und dem Pumpensumpf zufließen konnte. Die getroffenen Einrichtungen zeigten sich aber sehr bald als zu klein, da das Austrocknen des Schlammes sehr langsam vor sich ging und sich bedeutend größere Schlammengen ergaben, als bei der Projektierung der Anlagen angenommen war. Der letztere Umstand erklärt sich neben der guten Wirkung der Klärbecken namentlich wohl daraus, daß durch das Auspumpen der Wasserspiegel im Hemmgraben wesentlich niedriger gehalten werden kann, als bei dem früheren Abfluß nach der kleinen Wümme, infolgedessen die Straßenkanäle einen besseren Abfluß haben und bei der großen Geschwindigkeit das abfließende Wasser die Sinkstoffe mit fortreißt.

Tatsächlich ist dann auch die in der Stadt aus den Kanälen gewonnene Schlammmasse seit der Inbetriebsetzung des Schöpfwerkes wesentlich geringer geworden, zumal infolge des besseren Abflusses die früher für die Tonrohrleitungen unter jedem Einsteigebrunnen angebrachten Sandfänge beseitigt werden konnten.

Die erwähnten zu geringen Abmessungen der Schlammablagerungsstelle führten dazu, daß alle zur Verfügung stehenden Flächen in der Umgebung der Kläranlage für Schlammablagerungen eingerichtet wurden, und im Jahre 1903 ein 82,81 Ar großes Areal lediglich für die Schlammablagerung dazugekauft wurde. Seitdem ist es gelungen, den Schlamm so lange lagern zu können, bis er für den Transport genügend abgetrocknet und von Grundbesitzern für Dungzwecke unentgeltlich abgeholt wird.

Die Kläranlage hat in den Jahren 1904 und 1906 eine Vergrößerung erfahren, indem noch zwei kürzere Becken von 45,5 bezw. 69,65 m Länge und 15,5 m mitt-

lerer Breite eingerichtet sind, die mit einer Füllhöhe von 1,15 m arbeiten und zwar beträgt die Tiefe an dem oberen Ende 1,4 und an dem unteren Ende 0,90 m.

Die Sohle dieser Becken ist so angeordnet, daß sie an der Einlaufstelle am tiefsten liegen und nach der Wasserabflußstelle ansteigen, während bei den zuerst angelegten Becken die Böden von der Einlaufstelle nach der Abflußstelle schwach geneigt abfallend angeordnet sind.

Die Schlammabführung ist in gleicher Weise wie bei den zuerst angelegten Becken eingerichtet.

Dies Schöpfwerk und die Kläranlage können bei plötzlichen starken Niederschlägen das aus der Stadt zufließende Wasser nur teilweise bewältigen, es ist daher an der Ausmündung des Hemmgrabens ein Sammelbecken von 12000 qm Grundfläche geschaffen, in dem die überschüssigen Wassermengen bis zu 6000 cbm angesammelt werden können. Diese Wassermengen werden dem Schöpfwerk erst dann zugeführt, wenn dessen Leistungsfähigkeit die zufließenden Wassermengen wieder übersteigt. Übersteigt die überschüssige Wassermenge 6000 cbm, so tritt ein Überlauf nach der Wümme in Tätigkeit.

Die Betriebsergebnisse der ursprünglichen und der neu angelegten Becken werden in den Abschnitten 5 und 7 näher erörtert werden.

Die Kläranlagen sind im allgemeinen nur in der Zeit vom 1. April bis zum 1. November jeden Jahres im Betriebe, da im Winter die Abwässer zur Bewässerung von Ländereien benutzt werden und zwar werden im Oberblocklande etwa 585 ha, in der Utbremer Feldmark etwa 95 ha, im Waller Felde etwa 103 ha und in der Bürgerweide etwa 63 ha bewässert.

b) Das Waller Abwässerungsgebiet.

Die örtlichen Verhältnisse und die Höhenlage der einzelnen Stadtgebiete ließen es zweckmäßig erscheinen, für den Waller Bezirk einen besonderen Hauptableitungskanal zu schaffen, wie dieses im Abschnitt I bereits erwähnt worden ist.

Nach dem für die ehemalige Feldmark Walle aufgestellten Kanalisationsprojekte sollten ursprünglich die Abwässer mittels der in dem anliegenden Lageplan mit A. B. C. D. E. (Tafel I) bezeichneten offenen Gräben dem Maschinenfleet zugeführt werden; durch Verhandlungen mit den in Betracht kommenden Grundbesitzern und durch einen Zuschuß der früheren Gemeinde Walle im Betrage von 10000 M. wurde es aber möglich, die Strecke in kürzerer Richtung als geschlossenen Kanal herzustellen, sodaß nur noch in der Strecke F D E ein offener Graben besteht.

Das von dem Graben abgeführte Wasser fließt bis jetzt noch vollständig ungeklärt in das Maschinenfleet, nur im Winter findet eine ausgiebige Bewässerung von benachbarten Ländereien durch Aufstau des Wassers statt, sodaß in der Zeit vom 1. November bis zum 1. März jedes Jahres dem Maschinenfleet kaum nennenswerte Schlammengen zugeführt werden.

c) Das Neustädter Abwässerungsgebiet.

Die historische Entwicklung der z. Zt. in der Neustadt eingerichteten Abwässerbeseitigung ist bereits im Abschnitt 1 niedergelegt. Ebenso sind die z. Zt. für die

Förderung dieser fraglichen Wässer angewandten Hilfsmittel namhaft gemacht, auch ist schon erwähnt, daß am Ende des die Wässer nach der Weser abführenden Druckkanales ein größeres Bassin angebracht ist, in welchem Sinkstoffe zum Absitzen gelangen sollen. Es bleibt an dieser Stelle noch hervorzuheben, daß das Wasser, bevor es in das in dem Abschnitt I bereits erwähnte Schöpfwerk gelangt, zunächst einen 9 m im Durchmesser haltenden Brunnen mit vertiefter Sohle zugeführt wird, in dem die zufließenden Abwässer die schwersten Sinkstoffe absetzen und wo die gröberen Schwimmstoffe durch einen hohen, vertikal stehenden Rechen mit etwa 10 mm Stabentfernung zurückgehalten werden.

Anfänglich wurde dieser Rechen einmal täglich gereinigt, später wurde aber infolge Zunahme der Bevölkerung des Abwässerungsgebietes und der Einführung von Spülklosetts eine zweimalige Reinigung täglich erforderlich. Die hierbei gewonnenen Schmutzmengen betragen etwa 2,0 cbm täglich und werden täglich von der Verwaltung der Straßenreinigung abgeholt und nach den Müllabladeplätzen gebracht.

Das Schöpfwerk ist in zeitgemäßester Weise ausgestattet. Für den gewöhnlichen Betrieb dienen zwei Dampfmaschinen mit 10 und 20 Pferdestärken. Die hierfür nötigen Dampfmengen werden in zwei Kesseln erzeugt, die abwechselnd in Betrieb genommen werden und so sich gegenseitig als Reserve dienen. Für Regenfälle sind außerdem zwei Gasmotore von 20 und 50 HP vorhanden, die mit Leuchtgas betrieben werden. Der im Jahre 1905 beschaffte 50 HP Motor ist so eingerichtet, daß er auch mit Kraftgas betrieben werden kann, wenn sich später eine Kraftgasanlage als zweckmäßig erweisen sollte.

Die ganze Kraftanlage kann teils durch Transmissions- und teils durch direkten Riemenantrieb zusammen 5 Zentrifugalpumpen mit einer Gesamtleistung von rund 34 cbm in der Minute betreiben.

Die bei stärkeren Regenfällen mehr zufließenden Wassermengen können im Notfalle durch einen Regenauslaß nach dem Hakenburger See abgelassen werden.

Das gepumpte Wasser wird durch den bereits in dem vorigen Abschnitt erwähnten Kanal der Weser zugeführt. In der Strecke von dem Schöpfwerk bis zu dem ebenfalls bereits erwähnten Absitzbecken, d. i. in etwa 4750 m Länge, besteht der Kanal aus eiförmigen Eisenbetonröhren von 1,20/0,96 m Größe. Das Absitzbecken ist mit einem Überlauf nach der Weser versehen, es konnte daher die Leitung im übrigen auf etwa 685 m Länge aus kreisförmigen Eisenbetonröhren von 0,80 m Durchmesser hergestellt werden. An der Ausmündungsstelle wird das Wasser mittels eines eisernen Dükers unmittelbar über dem Flußbett in die Stromrinne der Weser geleitet, um einen raschen Abfluß zu erreichen und augenscheinliche Verunreinigungen der Weser zu vermeiden.

Abschnitt 3. **Abwassermengen.**

A. Erstes rechtsweserisches Abwässerungsgebiet. Hemmgraben-Gebiet. Größe 1515 ha. Bevölkerungsziffer 1. Januar 06 130000.

Die Menge des aus dem Stammsiel zum Abfluß kommenden unreinen Wassers setzt sich bei schwemmkanalisierten Städten im allgemeinen aus drei großen Gruppen

zusammen: dem Haushaltungsabwasser, dem Industrieabwasser und dem Regenwasser. Für Bremen kommen noch zwei Gruppen hinzu: die aus der Wasserleitung und aus den Wasserläufen entnommenen Kanalspülwässer und die Sickerwässer aus den an die Kanalisation angeschlossenen, aber erst zu einem geringen Teile bebauten Stadtteilen.

Das Haushaltungswasser entstammt fast ausschließlich der zentralen Wasserversorgung, dem Leitungswasser. Öffentliche und private Grundwasserbrunnen für Haushaltungszwecke sind zwar noch hier und da vorhanden, aber ihre Zahl ist eine kleine und ihre Inanspruchnahme eine geringe.

Für die Beurteilung des Anteils des Haushaltungswassers an der gesamten Abwassermenge darf man nicht ohne weiteres die Menge des der Stadt zugeführten Leitungswassers zugrunde legen. Es ist davon abzuziehen zunächst der sogenannte Leitungsverlust, der durch Undichtigkeiten der Straßenzuführungsleitungen entsteht. Seine Höhe ist nicht zu bestimmen, auch in Fachkreisen ist man sich darüber nicht einig, wieviel von der Gesamtförderung für diesen Verlust in Abrechnung zu bringen ist. Immerhin ist es nur ein ganz kleiner Anteil. Dann ist abzuziehen die für industrielle und gewerbliche Zwecke abgegebene Menge; diese beträgt nach einer Mitteilung des Wasserwerks in Bremen rund 12 %. Dazu kommen diejenigen Leitungswassermengen, welche zum Spülen der Endstränge der Kanäle benutzt werden, sie belaufen sich auf etwa 2 %. Schließlich sind zu berücksichtigen die in Bremen nicht geringen Mengen, welche zum Gartensprengen, zum Straßensprengen und zum Abspülen der Fußsteige verbraucht werden. Wie groß diese Wassermengen sind, läßt sich direkt nicht ermitteln; indirekt läßt sich ihr Einfluß auf die Höhe des Haushaltungsabwassers aber dadurch bestimmen, daß der Durchschnitt eines Wintermonates bei der Berechnung zugrunde gelegt wird. Man begeht damit keinen Fehler, wenn man diese Spreng- und Spülwässer abzieht, weil von ihnen in die Kanäle wenig hineingelangt. Die Höhe des reinen Haushaltungswassers wird für bremische Verhältnisse richtig bemessen, wenn man von dem Monatsmittel des Dezember oder Januar etwa 15 % für Industrie, Kanalspülung und Verlust in Abrechnung bringt.

Das Monatsmittel für Januar 1903 betrug 18600 cbm, zieht man die angezogenen 15 % ab, so ermäßigt sich die Zahl auf 15800. Das Hemmgraben-Entwässerungsgebiet umfaßt, wie oben angegeben, $^{13}/_{20}$ der Gesamtbevölkerungsziffer. Von den berechneten 15800 cbm entfallen daher 65 % gleich 10300 cbm Haushaltungsabwasser auf dieses Gebiet. Dem steht eine gemessene mittlere Gesamt-Trockenwetterabflußmenge von 26500 cbm gegenüber. Das heißt mit anderen Worten: im Jahre 1903 machten die aus den Haushaltungen stammenden Schmutzwässer nur etwa 40 % der Gesamtabwässer aus. Diese Zahlen haben zunächst etwas überraschendes. Man nimmt gewöhnlich an, daß in schwemmkanalisierten Städten, welche nicht ausgesprochene Industriestädte sind, die Haushaltungsabwässer den wesentlichsten Anteil des Trockenwetterabflusses ausmachen. Es werden jedoch die Mengen der gewerblichen und industriellen Abwässer, die aus kleinen aber zahlreichen Quellen zusammenlaufen, sicher vielfach unterschätzt. Die absolute Menge der auf den Kopf der Bevölkerung kommenden Haushaltungsabwässer ist dabei in Bremen keineswegs gering,

sie betrug im Jahre 1903 87 Liter pro Tag; die übrigen Faktoren bringen nur noch größere Mengen. Woher sie im einzelnen stammen, ist schwer zu ermitteln. Es muß sich aber um fast reine Wässer handeln, denn sie sind es, welche die konzentrierten Haushaltungsabwässer so weit verdünnen, daß der Gehalt an Schwebestoffen und gelösten Stoffen, wie später im einzelnen noch dargelegt wird, im bremischen Abwasser weit unter dem Durchschnitt der übrigen deutschen und auch der englischen Städte steht.

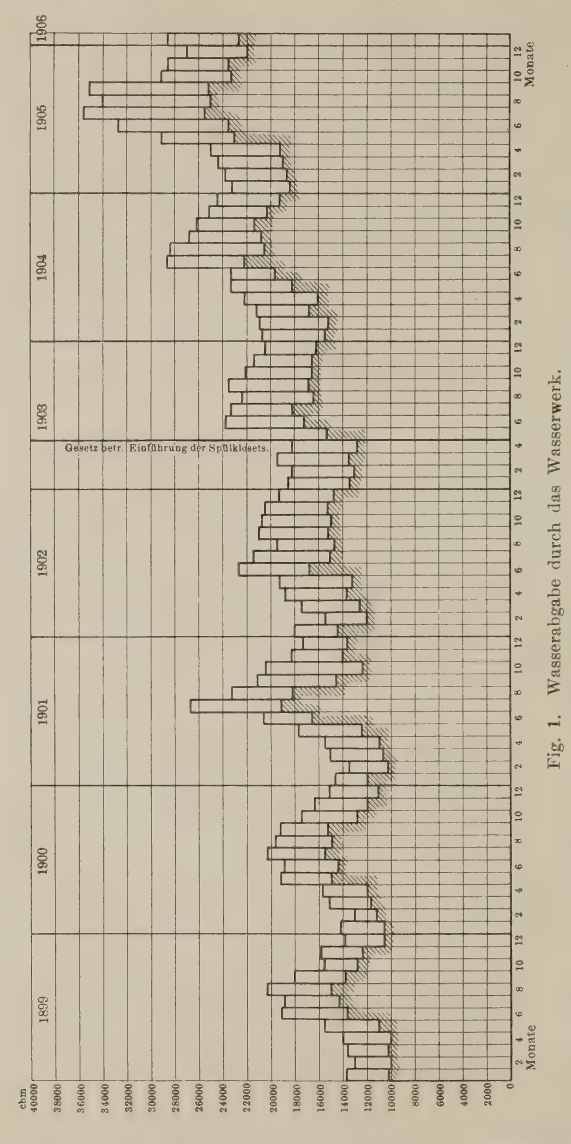


Fig. 1. Wasserabgabe durch das Wasserwerk.

Es sei hier eine kurze Erörterung eingeflochten über die Zunahme der Haushaltungsabwässer durch die Einführung der Spülklosetts. Zahlenmäßige Berechnungen liegen, soweit uns bekannt, in der Literatur darüber nicht vor. Da Bremen seit einigen Jahren die Einführung der Spülklosetts systematisch betreibt, so ist damit Gelegenheit geboten, den durch die Spülklosetts bedingten Wasserverbrauch annähernd zu ermitteln.

Das Gesetz betr. Einrichtung der Spülaborte wurde am 29. April 1903 erlassen; nach ihm müssen bis zum 31. März 1908 sämtliche Gebäude mit Spülklosetts versehen und die Tonnen- und Grubenaborte beseitigt sein. Vereinzelte Ausnahmen, die zugelassen sind, spielen keine Rolle. Vor Erlaß des Gesetzes waren bereits Spülklosetts in einzelnen Häusern vorhanden, sie machten annähernd $1/4$ der Gesamtsumme aus.

— Nach dem Jahresbericht des Wasserwerks 4163 Grundstücke mit 12056 Spülaborten. —

Mit der zunehmenden Wirkung des angeführten Gesetzes geht eine gewaltige Steigerung der Inanspruchnahme der zentralen Wasserversorgung parallel. Fig. 1 gibt ein anschauliches Bild dieser Steigerung; die Säulen stellen die Tagesabgabe nach dem monatlichen Durchschnitt dar, die fett gedruckte schwarze Linie die Menge der durchschnittlichen Wasserabgabe an den Sonn- und Feiertagen. Während im Januar 1903 der Monatsdurchschnitt 18600 cbm täglich betrug, beläuft er sich im Januar 1906 auf 28400, also eine Steigerung um 53 %. Die Bevölkerungsziffer ist in dem mit Leitungswasser versehenen Gebiet von 182000 auf 200000 gestiegen, d. h. eine Vermehrung um 10 %. Auf den Kopf der Bevölkerung wurden im Januar 1903 102 Liter Wasser abgegeben, im Januar 1906 142 Liter.

Prüfen wir nun, wie weit hierbei die Spülklosetts beteiligt sind.

Dadurch, daß man die Mittelzahlen aus dem Januar zugrunde legt, fällt der Einfluß des Garten- und Straßensprengens, sowie der Verbrauch aus öffentlichen Springbrunnen usw. auf den Wasserverbrauch weg. Die beim Reinigen der Bürgersteige verbrauchten Wassermengen sind so gering, daß man sie vernachlässigen könnte, trotzdem werden sie ausgeschaltet werden. Die Zunahme des Wasserverbrauchs in den Wintermonaten kann demnach nur bedingt sein durch eine Steigerung für Gewerbe und Industrie und für die Haushaltungen. Der Gebrauch für Gewerbe und Industrie macht überhaupt nur 12 % aus, die Zunahme ist in den letzten drei Jahren unbeträchtlich. Es bleibt daher nur der Mehrverbrauch in den Haushaltungen, innerhalb der Häuser übrig. Ist dies richtig, so muß die Verbrauchssteigerung sich auch an den Sonn- und Festtagen der Wintermonate geltend machen, wo Bürgersteigspülungen ganz wegfallen und Industrieverbrauch eingeschränkt ist. In der Tat trifft dies zu, die Linie des durchschnittlichen Wasserverbrauchs an Sonn- und Festtagen steigt ebenso wie diejenige der Gesamtmonatsdurchschnitte. Der Durchschnittsverbrauch an den Sonn- und Festtagen im Januar 1903 betrug 13500 cbm, 1906 22500 cbm, also eher noch eine stärkere Zunahme, als im Durchschnitt aller Tage. Es macht sich hier folglich ein Faktor geltend, der Wochentags wie Sonntags unabhängig von der Jahreszeit seine Wirkung entfaltet und der daher im Innersten der Familienbetriebe seine Quelle haben muß.

Nach dieser Feststellung ist die Verbrauchsvermehrung in Vergleich zu bringen mit der Vermehrungszahl der Spülklosetts.

Jn dem Hemmgraben-Entwässerungsgebiet waren nach Mitteilungen der Polizeidirektion, Abt. Baupolizei, bis zum 1. April 1903 genehmigt 11693 Spülklosetts; es wurden weiter genehmigt in dem Zeitraum

vom 1. 4. 03—31. 12. 03	11443	zusammen 26961 Spülklosetts.
vom 1. 1. 04—31. 12. 04	7960	
vom 1. 1. 05—31. 12. 05	7558	

Wenn man das erste Vierteljahr 1903 hinzurechnet und dagegen berücksichtigt, daß eine Anzahl der genehmigten Spülaborte nicht zur Ausführung kam, so darf man mit einer Herstellung von 27000 Spülaborten im Hemmgraben-Entwässerungsgebiet

in den Jahren 1903, 1904 und 1905 rechnen. Dem steht eine Zunahme des Durchschnittverbrauchs für die Sonn- und Festtage von Januar 1903 bis Januar 1906 von 9000 cbm gegenüber. Diese 9000 cbm betreffen aber die ganze Stadt und schließen die Bevölkerungszunahme von 18000 Menschen ein. Für letztere sind, den Sonntags-Januardurchschnitt von 1906 mit 110 Litern pro Kopf und Tag zugrunde gelegt, rund 2000 cbm abzuziehen; von dem verbleibenden Rest entfallen, entsprechend der Bevölkerungsverteilung, $^{13}/_{20}$ = 4500 cbm auf das Hemmgraben-Gebiet.

Mit einer Einrichtung von 27000 Spülaborten geht demnach ein Mehrverbrauch von täglich 4500 cbm Leitungswasser parallel, das heißt für das Spülklosett täglich 166 Liter.

Gegen diese Rechnung läßt sich einwenden, daß mit dem Spülklosettzwang eine Anzahl alter Häuser, welche vorher an die Wasserleitung noch nicht angeschlossen waren, genötigt wurden, den Anschluß herzustellen, daß somit die Verbrauchsvermehrung nicht allein auf die Klosettspülung, sondern auch auf den Mehrverbrauch für andere Haushaltungszwecke zurückzuführen ist. Wir lassen es dahingestellt, wie weit dieser Einwand zutrifft; viel dürfte der letztere Anteil nicht ausmachen, denn der Gesamtwasserverbrauch für Haushaltungszwecke war in Bremen auch vor dem Spülklosettzwange ein relativ hoher, die weitaus überwiegende Mehrheit der Häuser muß also angeschlossen gewesen sein und die größere Mehrzahl derjenigen Leute, welche eine Hauswasserleitung noch nicht besaßen, benutzten Straßenbrunnen, die von der zentralen Versorgung gespeist werden. Wenngleich mit dem bequemeren zur Hand haben des Wassers ein vermehrter Verbrauch einhergeht, so ist das dadurch bedingte gesamte Mehr doch nicht sehr viel, weil es sich hier um Bevölkerungsgruppen handelt, denen Hausbadeeinrichtungen und dergleichen fehlen.

Das Zutreffende dieser Annahme wird durch folgende Zahlen bestätigt:

Nach dem Jahresberichte des Wasserwerks waren mit Anschlußleitungen versehene Grundstücke vorhanden:

am 1. 4. 1903	22554,	Zunahme vom 1. 4. 02 bis 31. 3. 03	1296
„ 1. 4. 1904	24006,	„ „ 1. 4. 03 „ 31. 3. 04	1451
„ 1. 4. 1905	25272,	„ „ 1. 4. 04 „ 31. 3. 05	1266
„ 1. 1. 1906	26792,	„ in den $^{3}/_{4}$ Jahren vom 1. 4. 05 bis 31. 12. 05	1520

Die Zunahme der mit Anschlußleitungen versehenen Grundstücke ist also seit dem 1. April 1903, dem Zeitpunkte des Inkrafttretens des Gesetzes betr. Einführung der Spülklosetts, keine höhere als im Jahre vorher.

In den oben angezogenen Zeiträumen wurden von der Baupolizei Neubauten 1029, 858, 560 und 899 abgenommen. Unter den neu mit Anschlußleitungen versehenen Grundstücken sind daher nur 267, bezw. 892 bezw. 367 bezw. 621 alte vorher bewohnte Grundstücke, die noch keine Wasserleitung hatten und nun, seit Mai 1903 mit veranlaßt durch den Spülklosettzwang, eine solche einführten. Diesen Zahlen, 892 bezw. 367 bezw. 621 Gebäude, stehen aber folgende gegenüber:

Im Jahre 1. April 03 bis 1. April 04 sind 6260 Gebäude mit 12225 Spülklosetts versehen, davon 892 alte, die noch keinen Wasserleitungsanschluß hatten.

Im Jahre 31. März 04 bis 1. April 05 sind 4343 Gebäude mit 9901 Spülklosetts versehen, davon 367 alte seither ohne Wasseranschluß.

In dem Zeitraum 1. April 05 bis 31. Dezember 05 4134 Gebäude mit 8754 Spülklosets, davon 621 alte seither ohne Anschluß.

Insgesamt stehen also 14746 Gebäuden, die mit Spülklosetts in der Zeit vom 1. April 03 bis 31. Dezember 05 versehen wurden, nur 1880 Gebäude gegenüber, welche vorher noch keine Wasserleitung hatten.

Wenn man von der obigen Ziffer (166 Liter) auch einige Liter abzieht, so bleibt die tägliche Aufwendung für jedes Spülklosett doch eine recht hohe, eine höhere, als man seither angenommen hat. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, zu prüfen, ob und wie weit durch mangelhafte Instandhaltung der Ventile der Spülkästen oder durch dauerndes Offenhalten derselben eine Wasserverschwendung dabei stattfindet. Einige Aufmerksamkeit erfordert bei der großen Zahl der in der Stadt vorhandenen Spülklosetts der hohe Wasserverbrauch jedenfalls.

Es wurde oben ausgeführt, daß die Haushaltungsabwässer mit etwa 40 % an der Gesamtmenge des Trockenwetterabflusses beteiligt sind, für die übrigen Mengen kommen gewerbliche und industrielle Abwässer, Kanalspülwässer und eventuell Sickerwässer in Frage.

Die gewerblichen und industriellen Abwässer entstammen zu einem kleinen Teile der zentralen Wasserversorgung; diese gibt, wie schon erwähnt, etwa 12 % ihrer Gesamtabgabe für diese Zwecke her. Weitaus mehr entstammt lokalen Wasserversorgungen. Die viel Wasser verbrauchenden Betriebe benutzen aus Sparsamkeitsgründen eigene Grundwasserbrunnen und nur dort, wo an die Qualität des Wassers besondere Anforderungen gestellt werden müssen, nimmt man die zentrale Versorgung in Anspruch. Genauere Anhaltspunkte über die Mengen der so in die Kanäle gelangenden Wässer besitzen wir nicht; wir wissen nur, daß das Elektrizitätswerk, der Schlachthof und der Eisenbahnbetrieb zusammen täglich rund 5000 cbm Wasser in die Kanäle schicken.

Das gleiche gilt von den Kanalspülwässern. Wasser aus der Leitung wird nur an einzelnen hochgelegenen Kanälen benutzt; die hier verbrauchte Menge ist nicht bedeutend, etwa 200000 cbm jährlich oder täglich 500—600 cbm. Die übrigen Kanäle werden entweder direkt oder indirekt mit Weserwasser gespült; direkt nur gelegentlich, indirekt regelmäßig, und zwar dadurch, daß Weserwasser in die Wasserzüge der Wallanlagen gepumpt wird, von denen aus die Spülung der Kanäle erfolgt. Wieviel Wasser dabei verbraucht wird, läßt sich nicht ermitteln. Nach Meinung der beteiligten Beamten ist sie keine geringe.

Sickerwässer stellen diejenigen Wässer dar, welche von noch unbebauten aber bereits an die Kanalisation angeschlossenen Gebieten innerhalb der Stadt während längerer Regenperioden aufgenommen wurden und nach und nach, selbst wenn die Regenperiode schon ihr Ende gefunden hat, mittels der Kanalstränge ihren Abfluß finden. Sie gelangen naturgemäß nur zu diesen, wenn der Grundwasserstand ein so hoher ist, daß die über dem Grundwasserspiegel befindliche Erdschicht nennenswerte

Wassermengen selbst nicht festhalten und nach unten versickern lassen kann, oder wenn undurchlässige Schichten die Versickerung verhindern. Wir haben für die Kanäle mit dieser Art von Wässern in nennenswertem Maße nur im Winter und im Frühling zu rechnen, dann aber auch, wie betont, an regenfreien Tagen. Mit der fortschreitenden Bebauung werden sie in dem Maße sich vermindern, als die Haushaltungs- und Industrieabwässer steigen. Ihre Menge ist nicht feststellbar. Zurzeit wirken sie ungefähr so, daß die Menge des Trockenwetterabflusses im Hemmgrabengebiet im Januar eine gleiche Höhe hat wie im Sommer, sie gleichen also den durch die Wärme bedingten Mehrverbrauch an Haushaltungswasser und vermehrter Kanalspülung aus.

Die am 28. Juli 1905 gemessene Menge betrug 38880 cbm, am 4. Januar 1906 38160 cbm, siehe Fig. 2 und 3. Ein Vergleich beider Säulengruppen zeigt aber, daß im Juli die Tagessteigerung den Nachtdurchschnitt wesentlich übertrifft, — das Nachtmittel liegt bei 800 Stundenkubikmeter, das Tagesmittel bei 2000 cbm —,

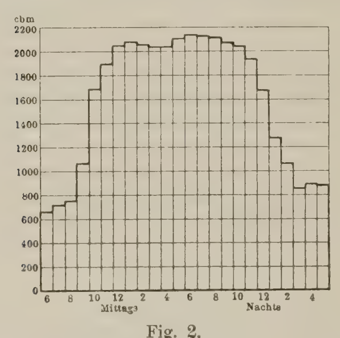


Fig. 2.
Abwassermenge am 28. u. 29. Juli 1905.

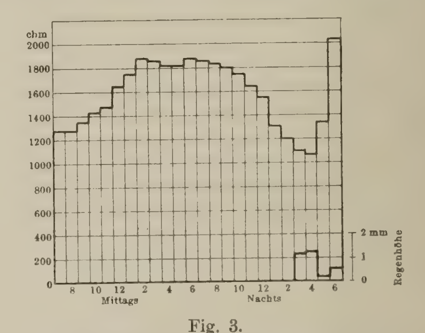


Fig. 3.
Abwassermenge am 4. u. 5. Januar 1906.

während im Januar die Tageserhebung eine geringe ist, — das Nachtmittel liegt bei 1200 Stundenkubikmeter, das Tagesmittel knapp bei 1800 —. Im Juli setzt sich die Gesamtmenge aus einem kleineren Tag und Nacht gleichmäßig wirkenden Anteil und einem stärkeren durch die Tagesarbeit des Menschen bedingten zusammen, — großer Tagesaufschlag —, im Januar ist der erstere der größere, hier macht sich der von Menschen nicht direkt abhängige Tag und Nacht gleichmäßige Anteil so stark geltend, daß die Tagesschwankung demgegenüber zurücktritt, — kleiner Tagesaufschlag —. Die Gesamtmenge ist dabei annähernd dieselbe.

Die Gesamtabwassermengen sind hohe und haben außerdem in den letzten drei Jahren noch eine rasche Steigerung erfahren. Die mittlere im Juni und Juli 1903 gemessene Trockenwetterabflußmenge betrug 26500 cbm oder auf den Kopf der Bevölkerung 204 Liter; im Juli 1905 38800 cbm oder für den Kopf der Bevölkerung 298 Liter. Die letztere Zahl ist keine Durchschnittszahl aus einer Reihe von Messungen, sie würde sich nach unseren Erfahrungen etwas ermäßigen, wenn eine größere Zahl von Messungen hätte vorgenommen werden können. Entsprechend der Steigerung, welche wir bei den in der Zwischenzeit vorgenommenen Messungen fanden, darf man

die derzeitige Trockenwetterabflußmenge für den Kopf der Bevölkerung zu rund 260 Liter täglich ansetzen.

Es bleibt nun noch zu erwägen, wie weit Regenwetter diese Abflußmengen vergrößert. Durch Messungen ermittelte Zahlen lassen sich hierbei schwer verwerten. Es ereignete sich bei unseren zahlreichen Untersuchungen häufig genug, daß Regen dazwischen kam. Wir sind auch über den Einfluß, welchen Regenwetter auf die Zusammensetzung der bremischen Abwässer hat, wie später gezeigt werden wird, einigermaßen unterrichtet, aber aus einer selbst großen Anzahl von Einzelbeobachtungen in dem Sinne Schlüsse zu ziehen, daß man sagt, bei so und so viel Millimeter Niederschlagsmenge beträgt die Steigerung der Abwassermenge so und so viel Kubikmeter, tragen wir Bedenken. Dafür ist in einem derartigen großen Entwässerungsgebiet, wie das Hemmgrabengebiet, die Verteilung des Regens eine zu ungleichmäßige; man könnte ihr nur mit einer größeren Anzahl von Regenmeßstellen folgen. Letztere fehlen jedoch. Weiter ist die Art des Regens und die Geschwindigkeit, mit der er niedergeht, von Einfluß auf die Menge, welche in die Kanäle gelangt. Die Jahreszeit und damit die Verdunstungsgröße ist ferner zu berücksichtigen. Schließlich noch das Verhältnis des gepflasterten und bebauten Areals zu dem unbebauten und ungepflasterten, ganz abgesehen von der Art der Pflasterung. Man ist anderwärts denselben Schwierigkeiten begegnet und hat sich dadurch zu helfen gesucht, daß man feststellte, wie viel von dem Entwässerungsgebiet bebaut und gepflastert ist, und daß man nun für diesen Stadtteil einen bestimmten Prozentsatz der Niederschläge als in die Kanäle gelangend annahm, für den unbebauten und ungepflasterten dagegen einen anderen niedrigeren. Indem man dann das Jahresmittel der Gesamtniederschläge als Grundstock annahm, berechnete man auf Grund der prozentualen Annahmen den Jahresdurchschnitt des in die Kanäle fließenden Regenwassers. Wir können uns dem nicht anschließen; die in die Rechnung einzusetzenden wesentlichsten Faktoren sind Schätzungen, die an jedem Orte willkürlich sind und ebenso gut von den wirklichen Tatsachen weit abweichen wie ihnen nahe kommen können.

Wenn man annähernd sichere Zahlen über den Einfluß der Niederschläge auf die Abwassermenge erhalten will, dann sind sie nur in der Weise zu erreichen, daß die von der Zentralabwasserpumpstation geförderte Gesamtjahresmenge verglichen wird mit zahlreichen Messungen an trockenen Tagen. Man erhält damit Durchschnittswerte, die zueinander in Beziehung gesetzt werden können. Solche Zahlen sind zur Zeit in Bremen nicht vorhanden.

In England nimmt man vielfach als Ausdruck der in die Kanäle gelangenden Niederschlagsmengen den Jahresdurchschnitt um 25 % höher an als den Trockenwetterabfluß.

Für die Bemessung der Reinigungsanlagen legt man jedoch zweckmäßig den Trockenwetterabfluß zugrunde und einigt sich darüber, das Wievielfache des Trockenwetterabflusses die Anlage noch bewältigen muß, bevor Umlaufkanäle bezw. Notauslässe in Wirksamkeit treten. Die normalen Regenwasserschwankungen fallen dann immer noch innerhalb dieses Vielfachen, so daß die Anlage ohne weiteres imstande ist, ihnen zu genügen.

Bei der Festsetzung der Leistungsgrenze der Reinigungsanlagen ist aber in höherem Grade, als es gewöhnlich geschieht, der Zusammensetzung des Abwassers Rechnung zu tragen. Man kann bei Regengüssen ein dünnes Abwasser eher ungereinigt in den Vorfluter laufen lassen, als ein konzentriertes. Wenn beispielsweise 3 cbm Schmutz in 1000 cbm Wasser verteilt sind und man stellt die Forderung auf, diese Schmutzmenge darf erst in Vorfluter gelangen, wenn die Wassermenge auf das Dreifache verdünnt ist, wenn also 1000 cbm nur noch 1 cbm Schmutz enthalten, so ist es unlogisch, die gleiche Forderung der dreifachen Verdünnung auch für ein Abwasser zu stellen, das nur 2 cbm Schmutz in 1000 cbm Wasser enthält; hier genügt eine einmalige Verdünnung, um denselben Erfolg zu erzielen, wie bei dem andern Abwasser mit der dreifachen. Wir halten daher die in der Literatur häufig gefundene allgemeine Formel: bei einer so und so vielfachen Verdünnung durch Regenwasser behandelt man das Abwasser so und so, für etwas recht Fragwürdiges. Schädlich erscheint sie uns sogar, wenn sie sich zu einem Standard verdichtet, der unterschiedslos als Maßstab angelegt wird. Die englische Royal Commission on Sewage disposal stellt als Regel die Forderung auf, daß das Abwasser bis zur dreifachen Menge des Trockenwetterabflusses im Normalbetriebe, vom vier- bis zum sechsfachen im Dünnwasserbetriebe zu reinigen ist und daß erst bei der sechsfachen Vermehrung des Trockenwetterabflusses durch Niederschlagswasser die Abwässer ungereinigt den Vorflutern zugeführt werden dürfen; wollte man diese Forderung auf das bremische Abwasser anwenden, so würde man der Stadt Opfer zumuten, die nach Lage der Dinge ungerechtfertigt sind.

B. Zweites rechtsweserisches Abwässerungsgebiet: Das Waller.

Die Größe beträgt 580 ha. Die Bevölkerungsziffer am 1. Januar 1906: 26000.

In diesem Abwässerungsgebiet treten die Industrieabwässer den Haushaltungsabwässern gegenüber noch stärker in den Vordergrund als im Hemmgrabengebiet. Es ergibt sich dies aus der absoluten Menge der Abwässer und aus dem weiten Unterschiede zwischen Wochentags- und Sonntagsabfluß. Nach einer größeren Anzahl von Messungen, die im Sommer 1904 am Ende des Stammsiels vorgenommen wurden, betrug der Trockenwetterabfluß im Tagesdurchschnitt 10400 cbm an Wochentagen, 3500 cbm an Sonntagen. An Wochentagen kommen auf den Kopf der Bevölkerung 400 Liter, an Sonntagen 135.

Die Höhe der Industrieabwässer ist bedingt durch einige gewerbliche Anlagen, von denen eine einzige täglich rund 5000 cbm Kondenswässer den Kanälen zuführt.

Die Abnahme des Abflusses während der Nacht ist unbedeutend, siehe Fig. 4; der Wasserverbrauch muß in den gewerblichen Betrieben also auch Nachts ein beträchtlicher sein. Vollständig herab sinkt die Kurvenlinie erst am Sonntag im Laufe des Vormittags und verbleibt tief bis zum Montag Morgen, um dann steil in die Höhe zu gehen. Da der erste Teil des am Sonntag Morgen zum Abfluß kommenden Abwassers noch der Industrie zuzurechnen ist, so ist eigentlich der Sonntagsverbrauch ein etwas geringerer als oben angegeben.

Eine am 11. Oktober 1905 bei trockenem Wetter vorgenommene Messung ergab einen Trockenwetterabfluß von 17200 cbm, d. h. pro Kopf 661 Liter. Es ist noch zu ermitteln, ob es sich hier um eine Ausnahme handelt, oder ob die in dem Waller Gebiet sich rasch entwickelnde Industrie eine derartige Vermehrung für die Dauer mit sich gebracht hat. Zu prüfen wird weiter sein, ob die Verhältnisse so liegen, daß man mit solchen Mengen relativ reiner Industrieabwässer die Reinigungsanlagen belasten muß, oder ob diese Abwässer nicht ohne weiteres bezw. nach einer einfacheren Reinigung dem Vorfluter getrennt von den übrigen Abwässern zugeführt werden können.

Fig. 4. Abwassermengen Waller-Gebiet.

C. Linksweserisches Entwässerungsgebiet: Das Neustädter.

Die Größe beträgt 660 ha. Die Bevölkerungsziffer am 1. Januar 1906: 44000.

Im Neustädter Entwässerungsgebiet betrug der Trockenwetterabfluß im Jahre 1904 11500 cbm täglich; auf den Kopf der Bevölkerung kommen dort 260 Liter, also dieselbe Menge wie auf der rechten Weserseite im Hemmgrabengebiete. Entsprechend dem kleineren Umfange des Gebietes und der geringeren Länge der Kanäle ist die Tagessteigung mehr zusammengedrängt und der Abendabfall und der Nachttiefstand machen sich mehr geltend. Fig. 5. Sieht man hiervon ab, so zeigt die Kurve weitgehende Ähnlichkeit mit derjenigen des Hemmgrabengebietes, vergleiche Fig. 2. Es liegen hier die gleichen allgemeinen Verhältnisse vor wie dort. Zur Nachtzeit kommen geringe Abwassermengen zum Abfluß, die Tagessteigerung beträgt das drei- bis vierfache. Im Gegensatz zu diesen beiden Gebieten steht das Waller Abwassergebiet, dort ist der Nachtabfluß bedeutend, die Tagessteigerung erreicht knapp die doppelte Höhe. Diese Unterschiede entsprechen dem Charakter der Gebiete. Im Waller einzelne große Industrien, die Tag und Nacht große Abwassermengen produzieren, in den beiden andern mehr kleinere, die im wesentlichen nur Tagesbetrieb haben; überall aber eine starke Verdünnung der Haushaltungsabwässer durch die gewerblichen und industriellen Abflüsse.

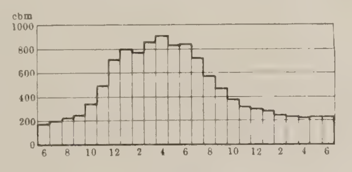


Fig. 5. Abwassermengen am 26. u. 27. April 1904. Neustadt.

Gesamtübersicht über die Abwassermengen der ganzen Stadt.

Das Hemmgraben-Abwässerungsgebiet hat zurzeit einen Trockenwetterabfluß von rund	35000 cbm
Das Waller Gebiet einen solchen von rund	11000 „
Die rechtsweserische Abwassermenge beträgt also zurzeit	46000 cbm
Das Neustädter, linksweserische Gebiet hat einen Trockenwetterabfluß von rund	12000 „

Der gesamte Trockenwetterabfluß für Bremen beträgt zurzeit 58000 cbm Abwasser.

Die Bevölkerung betrug am 1. Dezember 1905 214000 Menschen. Von diesen sind rund 200000 an die Kanalisation angeschlossen.

Je nachdem man die erste oder zweite Ziffer zugrunde legt, kommen in Bremen auf den Kopf der Bevölkerung 271 oder 290 Liter Abwasser täglich.

40 % stellen davon etwa Haushaltungsabwässer im engeren Sinne dar.

Hervorgehoben sei aber nochmals, daß es sich hier um Trockenwetterabfluß handelt. Der die Regenwetterabflüsse mit umfassende Jahresdurchschnitt stellt sich höher. Ob man für diese Regenwetterabflüsse einen durchschnittlichen Zuschlag von 15, 20, 25 oder 30 % wählen will, lassen wir dahingestellt. Wie erwähnt, rechnet man in England vielfach mit 25 % Zuschlag. Bremen hat im Verhältnis zu seiner Einwohnerzahl viel Straßen- und viel Hausdachfläche; ein großer Teil der Gesamtniederschläge gelangt dadurch in die Kanäle. Auf der anderen Seite sind aber wieder viele Gärten vorhanden, die von dem auf sie fallenden Regen nicht viel abgeben. Im Verhältnis zu der Gesamtfläche bebauter Stadtteile sind die Dachflächen und gepflasterten Flächen nicht größer als in anderen Städten.

Abschnitt 4. **Zusammensetzung des Abwassers.**

A. Hemmgraben-Entwässerungsgebiet.

Neben der Kenntnis der Menge der Abwässer ist es erforderlich, ein auf Zahlen begründetes Urteil über die Zusammensetzung derselben zu besitzen. Es ergibt sich diese Notwendigkeit, weil die Beschaffenheit der Abwässer die Art der Reinigungsmethode mit bedingt.

In erster Linie ist es der Gehalt an Schwebestoffen, in zweiter die Menge der gelösten fäulnisfähigen Substanzen, welche wichtig sind für die Lösung der Frage, wie weit man mit der Reinigung gehen muß.

Die erforderlichen Zahlen einwandsfrei zu bekommen, ist jedoch nicht leicht. Die Analyse einzelner Stichproben führt nicht allein nicht zum Ziele, sie bedingt sicher Irrtümer, weil die Zusammensetzung des zu untersuchenden Stoffes innerhalb 24 Stunden in weiten Grenzen schwankt. Als Beispiel für diese Behauptung verweisen wir auf die Bremer Normalkurven, Fig. 6—12, wie sie aus den Ergebnissen sehr zahlreicher Versuche gewonnen wurden. Die Normalkurven haben schon Schwankungen ausgeglichen und doch zeigen sich Unterschiede zwischen den einzelnen Stundenabflüssen, die bis zum vierfachen gehen. Dann sind bei der Kon-

struktion der Normalkurven nur Trockenwetterabflußwerte zugrunde gelegt; bei Regenwetter treten weitere plötzliche Schwankungen auf, deren Einfluß man zwar kennen muß, die aber bei Durchschnittsberechnungen auszuschalten sind.

Dazu kommt, daß neben den Schwankungen in der Zusammensetzung Schwankungen in den Mengen einhergehen. Für die Berechnung der Gesamtmenge der im Abwasser enthaltenen Stoffe ist es nicht einmal ganz gleichgültig, ob man den Durchschnitt der Tageszusammensetzung einfach mit der Gesamtabflußmenge multipliziert, oder ob man berücksichtigt, daß gerade zur Zeit der geringsten Abflußmenge auch der Gehalt an bestimmten Stoffen am niedrigsten ist.

Bei dem ersten Verfahren erhält man niedrigere Werte als beim zweiten, doch sind die Unterschiede nicht beträchtlich. Die folgende Gegenüberstellung möge das zeigen.

Spalte 1 gibt den Gesamtgehalt, der ermittelt wurde durch Multiplikation der Tagesabflußmenge mit dem Tagesdurchschnitt; in Spalte 2 ist der Gesamtgehalt festgestellt auf Grund der stündlichen Abwassermengen, die mit dem jedesmaligen stündlichen Gehalt an festen und gelösten Stoffen multipliziert wurden.

Mit dem Abwasser wurden abgeführt in 24 Stunden:

	Spalte 1.	Spalte 2.
Schwebestoffe	6067 kg	6737 kg
Davon anorganisch	2275 „	2477 „
Trockensubstanz*)	21154 „	22791 „
Stickstoff	860 „	901 „
Chlor	5100 „	5200 „

*) Der gelösten Stoffe.

Hier sind die Unterschiede nicht groß, wir konnten daher bei den Berechnungen das erstere einfachere Verfahren wählen. Anders stellt sich die Sache aber, wenn man nur einzelne Analysen und Meßergebnisse und nicht die Tagesdurchschnitte zugrunde legt, d. h. wenn mit sogenannten Stichproben gearbeitet wird.

Als Beispiel möge hier der am 5. Januar 1904 angestellte Versuch dienen:

An diesem Tage wurden abgeführt im Hemmgraben-Abwasser um 11 Uhr stündlich rund 250 kg Schwebestoffe, um 1 Uhr 433, um 3 Uhr 1287, um 5 Uhr 414 und um 7 Uhr 489 kg. Würden diese Analysenergebnisse für den ganzen Tag zugrunde gelegt worden sein, so hätte das Abwasser an dem betreffenden Tage 13800 kg Schwebestoffe besessen; tatsächlich waren es aber nach den Ergebnissen der 24 Stunden lang stündlich durchgeführten Untersuchungen nur 7344 kg.

Da wir es als unsere Aufgabe erachteten, an Stelle der seitherigen Schätzungen für die Projektbearbeitungen einwandsfreie Unterlagen zu beschaffen, konnten wir uns den vorstehenden Erwägungen nicht entziehen; sie nötigten uns, Serienversuche anzustellen. Wir haben diese jedesmal in der Weise 24 Stunden lang gemacht, daß stündlich Proben entnommen wurden, die für sich gesondert sofort zur Verarbeitung kamen. Derartige Serien sind für das Hauptgebiet Hemmgraben 7, für die beiden Nebengebiete Neustadt und Walle je 2 erarbeitet. Die gewonnenen Zahlen geben uns eine genügende Einsicht in die im Laufe von 24 Stunden vorkommenden Schwankungen;

sie geben hinreichende Unterlagen für Mittelwerte. Gleichzeitig mit der Probeentnahme wurden auch die Wassermengen bestimmt und Aufzeichnungen über etwaige Regenmengen gemacht. Dadurch wurden wir in die Lage gesetzt, für die einzelnen Tageszeiten angeben zu können, wie viel Mengen fäulnisfähiger Stoffe zu beseitigen sind und in welcher Konzentration sie zur Verarbeitung kommen.

Ergänzt mußten diese Tageskurven werden durch Untersuchungen in der Richtung, ob die einzelnen Wochentage weitgehende Unterschiede untereinander zeigen. Für den Sonntag lag die Vermutung nahe, für die übrigen Tage hatte man keine Anhaltspunkte. Wir sind in der Weise vorgegangen, daß wir einmal die Serienversuche auf verschiedene Tage verlegten, dann haben wir fortlaufend an bestimmten Tagesstunden, von denen wir ermittelt hatten, daß sie selbst eine weitgehende Konstanz zeigen, mehrere Wochen hindurch Proben untersucht und schließlich haben wir von Tag zu Tag und von Stunde zu Stunde fortschreitend Proben analysiert. Bei dem zweiten Verfahren mußten die Zahlen annähernd gleich bleiben, bei dem dritten mußten sie ein Bild zeigen, das einer Tageskurve entspricht.

Die jahreszeitlichen Schwankungen erhielten wir dadurch, daß die Serienversuche über Vor- und Nachsommer, Herbst und Winter verteilt wurden.

Verwertet dürfen alle diese Unterlagen für ein Durchschnittsbild nur werden unter Berücksichtigung des Trockenwetterabflusses. Der Einfluß von Regen war gesondert zu studieren. Anhaltspunkte dafür bot ein Vergleich der plötzlich einsetzenden Schwankungen im Gehalt an bestimmten Stoffen in den Abwässern mit der gleichzeitigen Vermehrung der Abwassermenge und mit der gemessenen Menge der Niederschläge. So ergab sich ein annäherndes Bild, in wie weit eine bestimmte Niederschlagshöhe die Abwassermenge steigert, wie rasch die Steigerung in den einzelnen bei uns vorhandenen Systemen eintritt und wie die Menge der gelösten und ungelösten Stoffe durch die Niederschläge beeinflußt wird. Die Wirkung der Form und Art der Niederschläge und ihrer räumlichen Verbreitung kommt dabei nicht zur Geltung. Das gewonnene Bild kann daher nur ein annäherndes sein, es kann nicht die Sicherheit bieten, wie die Trockenwetterkurve, aber für die praktische Verwertung genügt es, weil die Abwasserreinigung sich den Niederschlagsmengen nur bis zu einem gewissen Grade anzupassen braucht. Überschreiten die letzteren eine bestimmte, auf Grund der klimatischen Verhältnisse, der Kanalprofile und der Beschaffenheit des Vorfluters zu bestimmende Höhe, so müssen die Reinigungsanlagen durch Notauslässe oder Umlaufkanäle usw. entlastet werden.

Im folgenden sei zunächst die Zusammensetzung des Trockenwetterabflusses erörtert:

Schwebestoffe: siehe Fig. 7. Der Gehalt an Schwebestoffen ist am geringsten in der Zeit von 4 bis 7 Uhr morgens; er bleibt im Durchschnitt unter 100 Milligramm im Liter. Der morgentliche Aufstieg zur vollen Höhe nimmt die Zeit von 7 bis 9 Uhr in Anspruch, der Abfall von 12 bis 4 Uhr Nachts. Während der Zeit von 9 Uhr Vormittags bis 12 Uhr Nachts, also während 15 Stunden ist die volle Höhe vorhanden mit einem Gehalte von 250 mg im Liter. Auf diesem Hochplateau setzen sich zwei Nebengipfel auf; der eine fällt auf 11 Uhr, der andere auf 7 Uhr, getrennt sind sie durch einen flachen Mittagsrückgang.

Die weitgehenden Unterschiede in der Zeit von 9 Uhr Vormittags bis 12 Uhr Nachts (15 Stunden) und 12 Uhr Nachts bis 9 Uhr Vormittags (9 Stunden) finden ihre Erklärung darin, daß die Schwebestoffe den typischen Ausdruck für das darstellen, was der Mensch mit seinem Tun und Treiben dem ihm frei von Schwebestoffen zugeführten reinen Wasser beimischt. Das Zutreffende der vorstehenden Erklärung ergibt sich auch aus einem Vergleich der Abflußmengen mit dem Gehalt an Schwebestoffen, siehe Fig. 6 und 7; beide Kurven bieten dasselbe Bild. Sie zeigen sogar die weitgehende Übereinstimmung, daß der Abwassermengen-

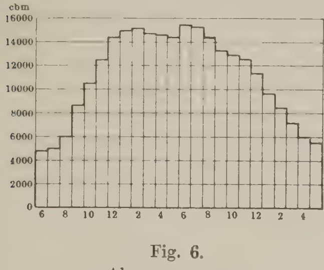


Fig. 6.
Abwassermengen.

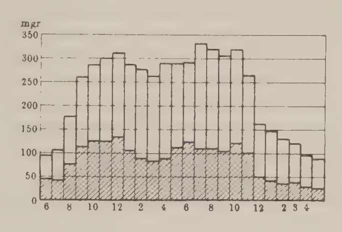


Fig. 7.
Schwebestoffe,
schraffiert = anorganischer Anteil.

kurve nicht einmal der Vormittags- und Abendgipfel mit dem Mittagsrückgang fehlt. Je intensiver der Mensch Wasser verbraucht, in desto höherem Grade mischt er ihm die Produkte seiner Tätigkeit bei. Diese Tatsachen werden dadurch nicht angefochten, daß die Höhe der Kurve von 9 Uhr Morgens bis 12 Uhr Nachts liegt und nicht etwa von 7 bis 8 Uhr Morgens bis 10 oder 11 Uhr Nachts. Die Verschiebung ist bedingt durch die Zeit, welche das Abwasser nötig hat, um von den kleinen Anfängen zu dem gemeinsamen Ausflußsiel zu gelangen.

Ein kleiner Nebenumstand trägt noch in geringem Grade zur Vergrößerung des Unterschiedes von Tag und Nacht mit bei. Mit der Abnahme der Wassermengen verlangsamt sich der Strom, weil das Profil und die Menge des durchfließenden Wassers bei geringem Gefälle die Strömungsgeschwindigkeit bedingen. Bei der verlangsamten Strömung findet ein Teil der schweren Stoffe Gelegenheit, in den Kanälen zu Boden zu sinken, um von der am Morgen kommenden größeren und rascher fließenden Wassermenge wieder mit fortgenommen zu werden. Die Steilheit im Anstieg des Gehalts an Schwebestoffen am Morgen erklärt sich dadurch zum Teil; ferner die später noch zu erwähnende Beobachtung, daß die Klärbecken unter sonst gleichen Umständen des Nachts prozentmäßig weniger gut arbeiten als bei Tage.

Die Schwebestoffe sind zum größeren Teile organischer Natur, annähernd 40 % sind anorganisch (Fig. 7 schraffiert). Für die endgültige Beseitigung des Schlammes ist die relativ hohe Menge organischer Stoffe nicht ohne Bedeutung. Soll der Schlamm technisch verwertet werden, so ist die Ausbeute an Fett- und Dungstoffen eine desto höhere, je mehr organische Stoffe vorhanden sind; das gleiche gilt von der Ausnutzung des Schlammes zur Wärmeerzeugung. Auch für die Verminderung der Schlammengen

im Faulbeckenbetriebe ist es vorteilhaft, daß der prozentuelle Anteil an zerlegungs- und damit vergasungsfähigem Material ein hoher ist. Unvorteilhaft ist dagegen der hohe Gehalt an organischen Stoffen, wenn man genötigt ist, den Schlamm in der Nähe menschlicher Wohnungen oder technischer Betriebe zum Zwecke der Trocknung zu lagern. Er trocknet langsamer und verbreitet mehr unangenehme Gerüche.

Der absolute Gehalt des Abwassers an Schwebestoffen ist ein geringer; er ist niedriger als derjenige, welcher aus vielen andern deutschen und englischen Großstädten angegeben wird. Während das Bremer Abwasser im Tagesdurchschnitt 250 mg zeigt, wird von Dresden 591 mg angegeben, von Mannheim 717, von Mainz 485, von Hannover 270, von Köln 319 mg; Baumeister gibt für eine Anzahl deutscher schwemmkanalisierter Städte Ziffern an, die zwischen 319 und 1108 mg schwanken. Von den englischen Städten soll London 568 mg, Manchester 458, Salford 280, Leeds 589 und Birmingham 686 mg haben. Wir messen Vergleichen mit solchen Zahlen keinen Wert bei; sie sind vielfach aus Stichproben gewonnen, die, wie wir oben nachwiesen, unzuverlässig sind. Daß der Gehalt an Schwebestoffen in Bremen ein so geringer ist, mag seinen Grund in der relativ großen Wassermenge haben, welche für den Kopf der Bevölkerung zum Abfluß kommt.

Die Kenntnis der Tatsache selbst ist von grundlegender Bedeutung. Man hat damit die Möglichkeit gewonnen, zahlenmäßig zu berechnen, wie viel Schlamm dem Vorfluter bei einem bestimmten Reinigungseffekt zugeführt wird. Ein Beispiel möge das zeigen. Bei 250 mg Tagesdurchschnitt und 30 000 cbm Abflußmenge werden 75 cbm Schlamm mit 90 % Wassergehalt erzeugt. Verlangt man von der Reinigungsanlage als unterste Leistungsfähigkeit eine Beseitigung von 60 % des im Wasser vorhandenen Schlammes, so werden täglich dem Vorfluter noch 30 cbm Schlamm zugemutet. Der Techniker ist damit in der Lage zu beurteilen, ob der Vorfluter je nach seiner Wasserführung, nach der Stromgeschwindigkeit, nach der Beschaffenheit seiner Ufer usw. solche Schlammengen verarbeiten kann, ohne daß es zu Fäulniserscheinungen und zur Bildung von Schlammbänken kommt.

Gelöste Stoffe: siehe Fig. 8 bis 12.

Die gelösten Stoffe geben kein so klares Bild von dem Einflusse des Menschen auf die Beschaffenheit des Abwassers, weil das der menschlichen Wohnung zugeführte Reinwasser selbst schon einen bestimmten Gehalt an gelösten Stoffen besitzt. Dieser zeigt dort eine gewisse Konstanz, wo Grundwasser für die Versorgung herangezogen wird; ist man wie in Bremen auf Flußwasser angewiesen, so hat man mit beträchtlichen Schwankungen zu rechnen. Je tiefer der Wasserstand des Flusses im Laufe eines Jahres absinkt, desto höher wird der Gehalt an gelösten Stoffen. Unsere im Jahre 1904 vorgenommenen fortlaufenden Analysen des Weserwassers geben ein deutliches Bild hierfür. Während der Trockenrückstand des abgedampften Wassers im Dezember bei hohem Wasserstand etwas mehr als 300 mg im Liter beträgt, liegt er bei niedrigem im September um 550; der Chlorgehalt ist im ersten Falle zu 46 mg ermittelt, im letzteren zu 124. Diese Schwankungen erschweren die Beurteilung, sind aber nicht zu hoch einzuschätzen, weil es sich hier um Stoffe handelt, die ihrer Natur nach zu Belästigungen kaum führen. Man begeht daher keinen großen Fehler, wenn

man niedrige Mittelwerte annimmt und diese von den im Abwasser ermittelten Werten in Abrechnung bringt. Bei einem derartigen Vorgehen erhält man auch denjenigen Anteil an gelösten Stoffen mit, der nicht der zentralen Wasserversorgung, sondern lokalen Grundwasseranlagen entstammt. In den graphischen Darstellungen ist der Anteil, welcher in dem zugeführten Reinwasser bereits enthalten war, schraffiert gezeichnet.

Der Trockenrückstand des Abwassers (Fig. 8) beträgt in minimo 720 mg, er steigt langsam staffelweise von 8 Uhr Morgens an, erreicht einen Gipfel in der Zeit von 3 bis 6 Uhr Nachmittags mit 900 bis 950 mg und fällt von 12 Uhr Nachts an auf das Minimum zurück; das Hochplateau liegt hier bei einem Gehalt von 850 mg und dauert von 10 Uhr Vormittags bis 12 Uhr Nachts, entpricht also in seiner Dauer ungefähr dem für die Schwebestoffe ermittelten. Die absoluten Schwankungen zwischen Maximum und Minimum liegen auch hier wie bei den Schwebestoffen in der Spanne von 250 mg, sie sind aber relativ nicht so ausgesprochen im Vergeich zum Gesamtgehalt, selbst wenn man 400 mg absetzt als den Anteil, welcher in dem zugeführten Reinwasser bereits enthalten war (Fig. 8 schraffiert).

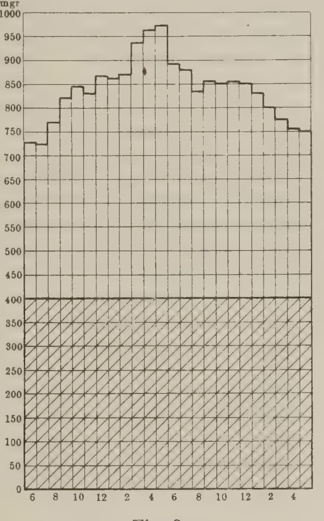


Fig. 8.
Trockensubstanz.

Der gesamte Trockenrückstand enthält zwei Faktoren, einen anorganischen und einen organischen. Als annähernden Ausdruck des letzteren nimmt man allgemein den sogenannten Glühverlust an, d. h. diejenige Menge, welche verloren geht, wenn man den Gesamtrückstand unter Innehaltung bestimmter Bedingungen glüht. Den organischen Bestandteil macht man für die Fäulniserscheinungen verantwortlich, welche auch in solchen Abwässern auftreten, die von Schwebestoffen befreit sind. In dem bremischen Abwasser ist der Glühverlust ein geringer, vergleiche Fig. 9. Die Menge liegt zwischen 125 und 225 mg im Liter und von diesen geringen Mengen sind noch 70 mg als Bestandteil des zugeführten reinen Wassers in Abrechnung zu bringen. Das Verhältnis von Glühverlust zur Gesamttrockensubstanz ist wie 1 zu 5,6, dasselbe, wie es sich im Weserwasser findet.

Der geringe Gehalt des von Schwebestoffen freien Abwassers an verglühbaren Stoffen ist ein weiterer Beweis für die dünne Beschaffenheit des Abwassers.

Einen ferneren gibt die sogenannte Oxydierbarkeit; sie bezeichnet diejenige Menge von Kaliumpermanganat, deren Sauerstoff von den organischen Substanzen des zu prüfenden Abwassers begierig aufgenommen wird. Diese Prüfung stellt ein Übereinkommen dar, sie ist vielfach angefochten worden, hat sich aber immer wieder als diejenige Methode bewährt, welche unter Innehaltung bestimmter Bedingungen einen

raschen Überblick gibt und Vergleiche ermöglicht. Wir haben nach der in Deutschland üblichen Kubel'schen bezw. Schulze-Trommsdorff'schen Form der Methode gearbeitet. Auch die Oxydierbarkeit ist eine niedere, sie schwankt zwischen 100 und 325 mg Permanganatverbrauch. Der mittlere Durchschnitt liegt etwas über 200, Fig. 10. Auf diesen Durchschnitt setzt sich ein staffelförmig auf- und wieder absteigender Gipfel von 12 Uhr Mittags bis 11 Uhr Nachts, sein höchster Punkt wird in der Zeit von 4—6 Uhr erreicht mit 320 mg.

Neben der Glühverlust- und Oxydierbarkeitsbestimmung hat man den Stickstoff als den Vertreter der Eiweißgruppe direkt ermittelt. Der Gesamtgehalt wird dann wieder, je nach der Form, in welcher der Stickstoff vorhanden ist, in drei Gruppen

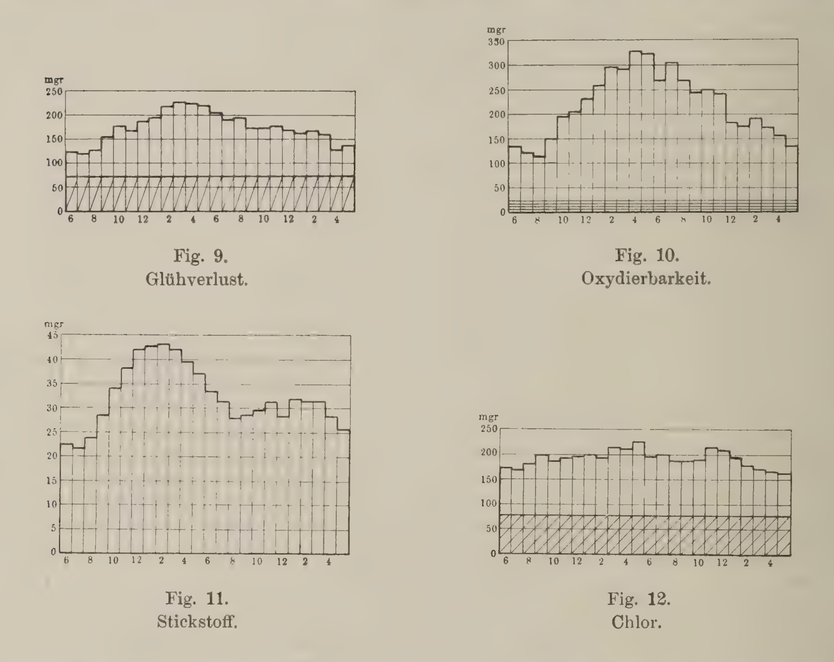


Fig. 9.
Glühverlust.

Fig. 10.
Oxydierbarkeit.

Fig. 11.
Stickstoff.

Fig. 12.
Chlor.

zerlegt, den Ammoniakstickstoff, den Albuminoidstickstoff, auf den die Engländer viel Wert legen, und den sogenannten Reststickstoff. Wir haben diese weitgehenden Analysen ebenfalls vorgenommen, um bis in das Einzelne gehende Vergleiche anstellen zu können, hier sei jedoch nur der Gesamtstickstoff herangezogen; siehe Fig. 11. Im Mittel sind 32 mg im Liter filtrierten Abwassers vorhanden; das Minimum beträgt 21, das Maximum 43. Die Kurve verläuft unter Beibehaltung der Tendenz der Mittagssteigerung in sofern abweichend von den übrigen, als das Maximum früher abfällt und der niedrige Stand sich schon von 8 Uhr Abends an geltend macht. Stickstoffhaltige Stoffe werden bei der Bereitung der Speisen und der Reinigung des beim Essen gebrauchten Geschirres dem Hauswasser in größeren Mengen beigemischt, eine Tatsache, die den Verlauf der Kurve wesentlich mit beeinflußt haben

dürfte. Der Hauptgipfel fällt in die Zeit von 12 bis 4 Uhr und ein kleiner Nebenanstieg beginnt noch einmal um 10 Uhr abends.

Bei der Wertung der Stickstoffmengen ist nicht zu vergessen, daß von den organischen Bestandteilen nur die Eiweißstoffe durch ihn repräsentiert werden, daß aber die Gruppen der Fettstoffe und der Kohlehydrate für die unangenehmen Eigenschaften der Abwässer mit verantwortlich sind.

Wenngleich nach dem Dargelegten sowohl der Glühverlust, wie die Oxydierbarkeit und die Stickstoffbestimmung für sich allein nur ein teilweise zutreffendes Bild von den offensiven Stoffen im Abwasser geben, so kann man doch aus der Heranziehung aller drei ein genügend genaues Urteil über die Menge und Bedeutung der in Frage kommenden Stoffe gewinnen.

Dem Chlorgehalt hat man bei der Beurteilung des Abwassers vielfach deshalb einen Wert beigelegt, weil man diesen Stoff als einen Repräsentanten des Urins ansieht. Für das bremische Abwasser spielt er keine Rolle. Annähernd die Hälfte ist im Trinkwasser schon vorhanden und die zweite Hälfte zeigt so geringe Schwankungen, daß Schlußfolgerungen irgend welcher Art daraus nicht gezogen werden können; vielleicht kann man die kleinen Anstiege um 9 Uhr Morgens, um 3 bis 5 Uhr Mittags und um 10 bis 12 Uhr Nachts als bedingt durch Morgen-, Mittag- und Abend-Urin auffassen. Der Gesamtmenge gegenüber sind sie ohne Bedeutung (siehe Fig. 12).

Seit April 1903 ist die Einführung von Spülklosetts obligatorisch gemacht. Bei den Beratungen über das Gesetz wurde vielfach der Befürchtung Ausdruck gegeben, daß die Zuführung der Fäkalien eine erhöhte Konzentration und damit eine Verschlechterung des Abwassers zur Folge haben würde. Diese Befürchtungen haben sich als grundlos erwiesen.

Nach Mitteilungen der Polizeidirektion, Abt. Baupolizei, vergl. oben Abschnitt 3, wurden im Hemmgraben-Entwässerungsgebiet in der Zeit vom 1. Januar 1900 bis 1. April 1903 11693 Spülklosetts genehmigt.

In der Zeit vom 1. April 1903 bis 31. Dezember 1903	11443	
Im Jahre 1904	7960	
Im Jahre 1905	7558	
zusammen	26961	rund 27000.

Die Zahl der am 1. Januar 1906 noch vorhandenen Tonnenaborte betrug etwa 6500. Die Klosetts sind also zu etwa $^6/_7$ an die Kanalisation angeschlossen.

Die Konzentration des Abwassers ist nach Ausweis der Analysen — siehe umstehende Tabelle Nr. 1 — in den zwei letzten Jahren eher eine geringere geworden. Der Grund liegt in der mit der Einführung des Spülklosettzwanges parallel gehenden starken Zunahme des Wasserverbrauchs, auf welche oben schon hingewiesen wurde.

Daß trotz gleichgebliebener Konzentration die Gesamtmenge der abzuführenden Stoffe durch das Spülklosett eine größere geworden ist, bedarf keiner besonderen Erörterung.

Tabelle 1.

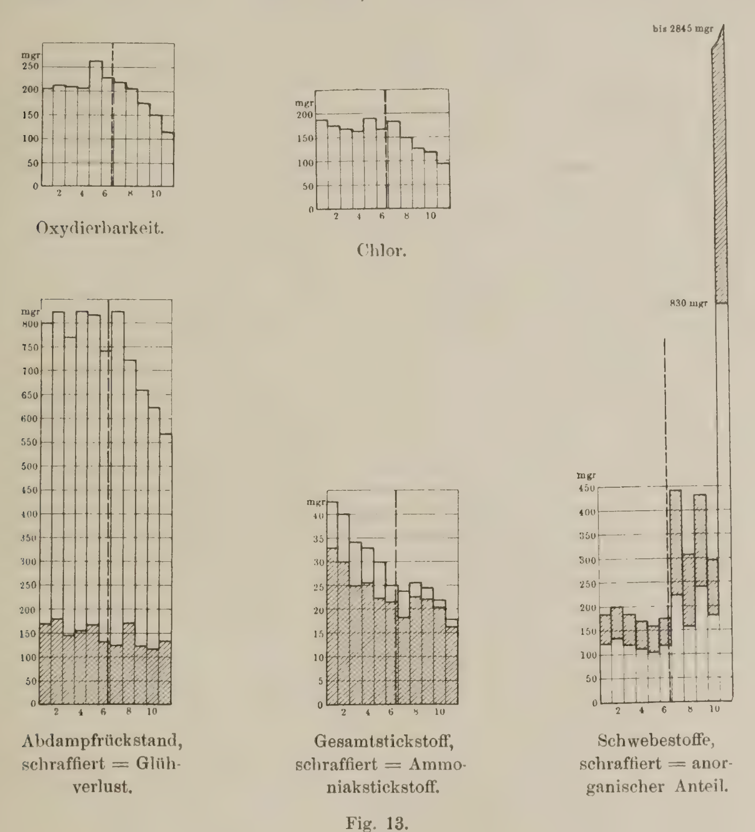
	Suspendierte Stoffe: Ges.-Menge	Suspendierte Stoffe: organischer Natur	Suspendierte Stoffe: anorganisch. Natur	Oxydierbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff: Ges.-Menge	Stickstoff: in Form von Ammoniak	Stickstoff: Rest-Stickstoff	Chlor	Bemerkungen
Wasser aus dem Hemmstraßenkanal, Mittelzahlen eines 24stündigen Versuches am 5.—6. Jan. 1904.	274,0	205,0	69,5	308,8	964,7	201,7	38,4	27,8	10,6	227,7	Von 5—6 und 10—11 Uhr Abends leichter Regen, der die Zusammensetzung des Wassers nicht beeinflußte.
Desgleichen vom 4.—5. Jan. 1906	210,1	158,6	51,5	291,9	935,0	213,0	42,6	30,7	11,9	204,5	Trocken.

Die Ergebnisse sämtlicher Analysen lassen sich dahin zusammenfassen, daß der Trockenwetterabfluß im Hemmgraben-Entwässerungsgebiet ein dünnes städtisches Abwasser darstellt, dünn sowohl in bezug auf die Schwebestoffe wie in bezug auf die gelösten Stoffe. Vorteilhaft ist dabei, daß bei den gelösten Stoffen die anorganischen Stoffe die organischen beträchtlich überwiegen. Diese Zusammensetzung des Abwassers erleichtert einerseits die Reinigung, andererseits gestattet sie, dem Vorfluter mehr zuzumuten, als man sonst als die Regel anzunehmen gewohnt ist.

Bei den seitherigen Ausführungen ist der Trockenwetterabfluß als der für die Zusammensetzung ausschlaggebende Grundstock allein berücksichtigt. Es fragt sich nun, wie weit wird er durch Regen beeinflußt. In der Literatur begegnet man häufig der Ansicht, daß Regenwetter generell eine Verdünnung des Abwassers bedeutet. Das trifft für Bremer Verhältnisse und vermutlich auch anderwärts nicht zu. Wir haben bei unsern Serienversuchen häufig Gelegenheit gehabt, die Wirkung einsetzenden Regens zu beobachten. Der Regen bedingt eine Vermehrung der Schwebestoffe, die vielfach weit schärfer sich geltend macht als die Verminderung der gelösten Stoffe. Wir verweisen auf die Untersuchungsergebnisse vom 4. September 1903 (siehe Fig. 13). Hier setzt nach einer achttägigen Trockenperiode um 6 Uhr ein Gewitterregen ein, der um 7 Uhr am Auslauf des Stammsiels sich schon bemerkbar machte. Die Folge war eine beträchtliche Steigerung der Schwebestoffe sowohl in ihrem organischen wie im anorganischen Anteil, während der Abdampfrückstand, Gesamtstickstoffgehalt, Chlorgehalt und Oxydierbarkeit um ein geringes sanken. Werden die Wassermengen so groß, daß die Notauslässe in Tätigkeit treten, dann zeigt das Überlaufwasser allerdings einen bedeutenden Rückgang der gelösten Stoffe; dabei bleibt aber die Steigerung der Schwebestoffe. Dauerregen wirken ebenfalls vermehrend auf die Menge der letzteren ein, vermindernd auf die ersteren, jedoch sind unter diesen Verhältnissen die Abweichungen von der Normalkurve nicht so weitgehend. Die Reinigungsmöglichkeit des Abwassers wird durch diese Verhältnisse nicht erschwert; auf jeder gut eingerichteten Anlage sind immer Reserveeinrichtungen vor-

handen, die sich erhöhten Anforderungen bis zu einem bestimmten Maße anzupassen vermögen. Bei Überschreitung der Durchschnittswassermenge um das Mehrfache wird man Notauslässe oder Umgehungskanäle in Tätigkeit treten lassen. Wenn damit auch gelegentlich der Vorfluter stark in Anspruch genommen wird, so sind das so seltene Ereignisse, daß sie wegen ihres vorübergehenden Auftretens zu Belästigungen nicht führen.

Analytisch ermitteln läßt sich der Einfluß des Regens auf die Zusammensetzung der Abwässer wohl für den einzelnen Fall, schwer lassen sich aber aus den einzelnen



Oxydierbarkeit.

Chlor.

Abdampfrückstand, schraffiert = Glühverlust.

Gesamtstickstoff, schraffiert = Ammoniakstickstoff.

Schwebestoffe, schraffiert = anorganischer Anteil.

Fig. 13.

Ermittelungen Durchschnitte ziehen; dafür sind alle beteiligten Umstände zu schwankend. Will man einen annähernden Jahresdurchschnitt haben, so läßt sich der nur erreichen durch einen Vergleich zwischen der im ganzen Jahre geförderten Wassermenge, der erhaltenen Schlammenge und der prozentmäßigen Leistung der Klärbecken. Diese Zahlen zu beschaffen, ist bei unsern technischen Einrichtungen mit unverhältnismäßig hohen Kosten verknüpft.

Für die Gesamtbeurteilung genügt es hier aber auch, wenn man nach den Einzelanalysen schätzt. Für das Bremer Abwasser wird man sicher eher ungünstig rechnen, wenn man die Verschlechterung des Abwassers durch den Regen auf eine jahresdurchschnittliche Vermehrung von 50 mg Schwebestoffen im Liter annimmt und die Verbesserung durch Verminderung der gelösten Stoffe außer Rechnung läßt.

Das oben über die Beschaffenheit des Trockenwetterabflusses abgegebene Urteil läßt sich auf die Gesamtheit, d. h. Trockenwetterabfluß und Regenwetterabfluß übertragen. Auch das Mischwasser stellt ein dünnes, wenig offensives städtisches Abwasser dar.

B. Waller Entwässerungsgebiet.

Wurde schon bei dem Hemmgraben-Abwasser auf die dünne Beschaffenheit hingewiesen, so besitzt das Waller Abwasser diese Eigenschaft in noch weit höherem Maße. Wenngleich uns nur zwei Serienversuche zur Verfügung stehen, so genügen sie doch für die allgemeine Beurteilung der derzeitigen Zusammensetzung. Es liegt allerdings die Möglichkeit vor, daß in den kommenden Jahren die Beschaffenheit sich ändert, entweder dadurch, daß der jetzt so sehr hervorspringende Einfluß der reinen Fabrikabflüsse zurücktritt oder daß andere Fabriken entstehen, welche keine Kondens- und ähnliche Wässer, wohl aber Produktionsabwässer den Kanälen zuführen. Kontrollierende Untersuchungen werden hier für die Folgezeit nötig sein.

Die Durchsichtigkeit beträgt 6 cm im Durchschnitt. Der Gehalt an Schwebestoffen erreicht im Tagesmittel kaum 100 mg im Liter, dabei überwiegt der organische Anteil in geringem Grade den anorganischen. Die Menge der Schwebestoffe läuft auch hier mit der Abwassermenge in der Weise parallel, daß zur Zeit der geringsten Wassermengen auch der relative Gehalt an Schwebestoffen am kleinsten ist. Die Durchsichtigkeit steigt dann sogar bis zu 12 cm.

Auch der Gehalt an gelösten Stoffen ist gering. Der Abdampfrückstand beträgt etwa 550 mg, der Glühverlust 130 mg im Liter. Die übrigen Zahlen sind aus der Tabelle 2 zu ersehen. Die Stundenschwankungen in dem Gehalte an gelösten Stoffen sind gering, soweit sie Abdampfrückstand und Chlor betreffen. Der Gehalt des Leitungs- und Grundwassers an den hier in Frage kommenden Stoffen ist von vornherein ein zu hoher, als daß die kleinen Zugaben, welche die menschliche Verarbeitung bedingt, bei dem allgemeinen Charakter des Waller Abwassers große Ausschläge bedingen könnten. Etwas anders steht es wieder mit dem Gehalt an Stickstoff. Dieser Repräsentant eines Teiles der menschlichen Umsatzstoffe zeigt die Tagessteigerung, aber nicht einmal bis zur doppelten Höhe. Die Oxydierbarkeit steigt im Laufe des Tages bis zur doppelten Höhe, der Glühverlust zeigt dagegen nur ganz geringe Steigerung. Die Kleinheit dieser Steigerung im Verhältnis zur Zunahme des Stickstoffgehaltes und der Oxydierbarkeit bietet einen hübschen Beweis für die Tatsache, daß der Glühverlust nicht als reiner Ausdruck für die Menge der organischen Stoffe betrachtet werden darf. Im Waller Abwasser ist ein wesentlicher Teil des Glühverlustes offenbar durch Änderungen in dem anorganischen Bestandteil des Trockenrückstandes bedingt.

Tabelle 2.

	Suspendierte Stoffe			Oxydierbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff			Chlor	Bemerkungen
	Ges.-Menge	organischer Natur	anorganisch. Natur				Ges.-Menge	in Form von Ammoniak	Rest-Stickstoff		
Wasser aus dem Waller Ableitungskanal entnommen am 8.—9. Nov. 1904 und 11.—12. Okt. 1905.	94,4	48,9	45,5	93,9	557,3	132,1	11,4	6,7	4,7	99,3	Mittelwert aus zwei 24stündigen Versuchen.

Das Waller Abwasser hat durchweg eine hohe Temperatur; dieselbe liegt selbst an der Mündung des Stammsiels noch über 20 ^{0} und schwankt bis zu 30 ^{0}. Diese hohe Temperatur ist eine unangenehme Eigenschaft des Wassers, sie beschleunigt die Zersetzung und führt im Verein mit dem niedrigen Gehalt des Abwassers an Eiweißstoffen zu Pilzwucherungen an den Kanalwänden.

Die Art und die Lebensbedingungen der beteiligten Pilze sind noch zu ermitteln. Sie sind, wenn irgend möglich, zu beseitigen, weil sie für die Reinigungsanlagen eine lästige Zugabe bilden. Wir erinnern an den langjährigen Streit zwischen der Stadt Herford und der Hoffmannschen Stärkefabrik in Salzuflen, welcher in dem Auftreten solcher Pilzwucherungen seine Ursache hatte.

C. Linksweserisches Entwässerungsgebiet.

Das linksweserische Abwasser entspricht in seiner Zusammensetzung dem rechtsweserischen Hemmgraben-Abwasser. Die Menge der Schwebestoffe ist um ein weniges geringer, ebenso der Stickstoffgehalt; Oxydierbarkeit und Chlor zeigen dagegen etwas höhere Zahlen. Diese Abweichungen sind nicht von Bedeutung, sie würden sich wahrscheinlich ganz verwischt haben, wenn wir dem Durchschnittswerte mehr als zwei Serienversuche hätten zugrunde legen können. Sie ändern nichts an dem Charakter des linksweserischen Abwassers als eines dünnen städtischen Abwassers. Die einzelnen Durchschnittszahlen finden sich in der nachstehenden Tabelle 3.

Tabelle 3.

	Suspendierte Stoffe			Oxydierbarkeit	Trockensubstanz	Glühverlust	Stickstoff			Chlor	Bemerkungen
	Ges.-Menge	organischer Natur	anorganisch. Natur				Ges.-Menge	in Form von Ammoniak	Rest-Stickstoff		
Wasser aus dem Neustädter Ableitungskanal entnommen am 26.—27. April 1904 und 5.—6. Jan. 1905.	204,4	112,0	92,4	402,4	917,1	198,2	26,8	15,0	11,8	269,8	Mittelwert aus zwei 24stündigen Versuchen

Ergebnis der Erörterungen im Abschnitt 4.

Die Abwässer aller drei Abwässerungsgebiete der Stadt Bremen sind dünne städtische Abwässer von wenig offensiver Beschaffenheit. Die Einführung der Spülklosetts hat die Zusammensetzung des Abwassers nicht verschlechtert.

Abschnitt 5. **Leistungsfähigkeit der jetzigen Reinigungsanlagen.**

A. Hemmgrabengebiet.

Um ein Urteil über die Wirksamkeit der Klärbecken, deren Beschreibung oben gegeben ist, zu gewinnen, haben wir an verschiedenen Becken Serienversuche in der Weise angestellt, daß gleichzeitig am Einlauf und Auslauf die zu untersuchenden Proben entnommen und sofort einzeln untersucht wurden. Jeder Versuch wurde 24 Stunden durchgeführt; es kamen damit in der Serie 50 Proben zur Untersuchung. Insgesamt verfügen wir über 15 solcher Serien mit 775 Einzelproben. Gleichzeitig wurde während der Versuche die Gesamtabwassermenge, die Menge des durch das Versuchsbecken geflossenen Abwassers, sowie die Strömungsgeschwindigkeit stündlich festgestellt. Notizen über die Witterungsverhältnisse ergänzten die Feststellungen.

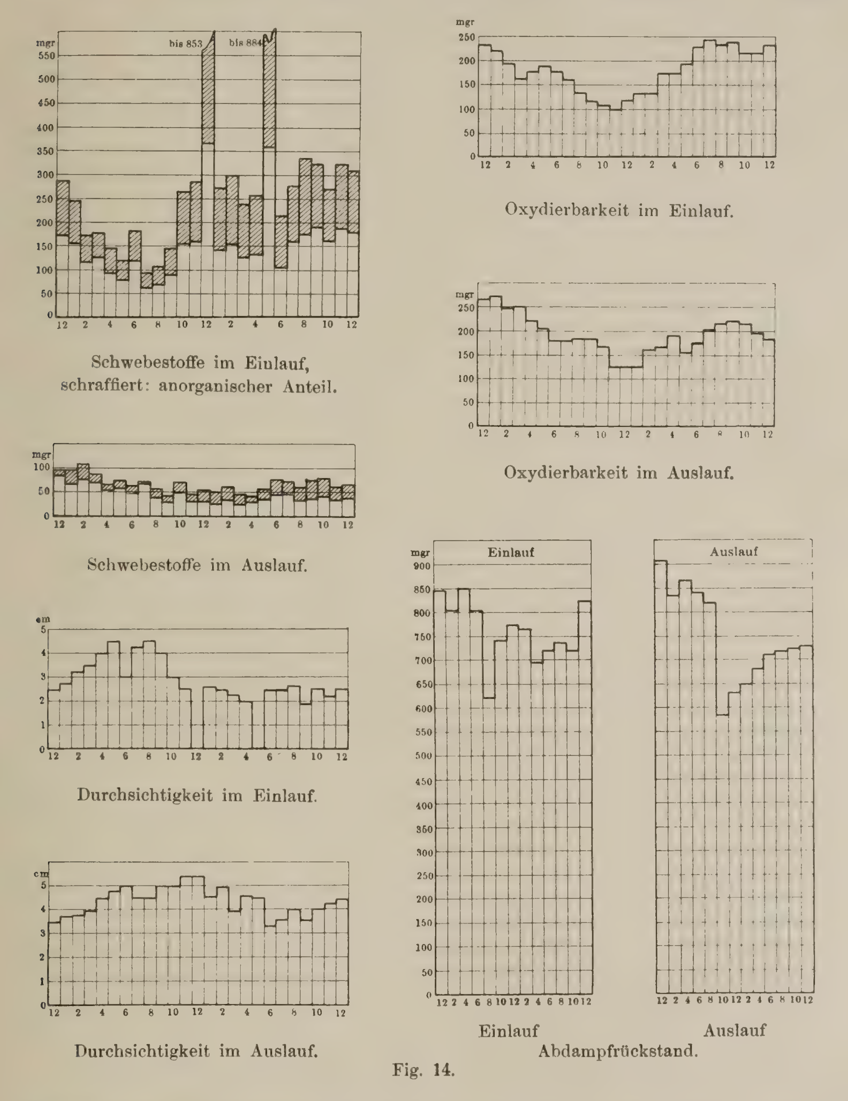
Die zu lösenden Fragen betrafen einmal die Leistungsfähigkeit der Becken überhaupt und zwar sowohl in bezug auf die Schwebestoffe wie auf die gelösten Stoffe, dann die Leistungsfähigkeit bei verschiedener Strömungsgeschwindigkeit und schließlich die Dauer der Arbeitsfähigkeit, bis eine Reinigung der Absitzbecken erfolgen muß.

Im Anschluß hieran waren die Eigenschaften der Reinigungsprodukte zu prüfen, einerseits der Schlammes, andererseits des geklärten Wassers. Von ersterem sind 41 Analysen gemacht, letzteres ist durch besondere, später zu beschreibende Vorrichtungen auf seine Sedimentierfähigkeit geprüft.

Nach einigen kleinen, hier nicht weiter zu erwähnenden Vorversuchen, wurde am 29. September 1903 der erste Serienversuch gemacht. Er ergab sofort Klarheit nach den verschiedensten Richtungen. Da er den Typus solcher Versuche darstellt, geben wir zur Erleichterung der Übersicht die beiden Figuren 14 und 15.

Sie zeigen zunächst, daß unter ungünstigen Verhältnissen gearbeitet werden mußte. Die Gesamtmenge des Abwassers war eine beträchtliche, 36480 cbm, dementsprechend mußte das Versuchsbecken mit 12500 cbm in Anspruch genommen werden. Entsprechend den Schwankungen in den stündlich durchlaufenden Mengen schwankt die Strömungsgeschwindigkeit; ihr Minimum liegt Morgens von 6 bis 8 Uhr bei 8,1 mm in der Sekunde, ihr Maximum Abends von 7 bis 9 Uhr bei 19,8 mm. Vergleicht man mit diesen Schwankungen in der Wassermenge und in der Strömungsgeschwindigkeit die beiden Gegenüberstellungen des Gehaltes an Schwebestoffen im Einlauf- und Auslaufwasser, so zeigt sich, daß das Becken bei 19,8 mm Geschwindigkeit ebenso gut arbeitete, wie bei 8,1 mm, daß bei einer stündlichen Durchflußmenge von 700 cbm in der Stunde die Beschaffenheit des abfließenden Wassers keine schlechtere war als bei 300 cbm und schließlich, daß das Becken sogar so starke, durch Regenwetter bedingte Anstiege im Gehalt des Einlaufswassers an Schwebe-

stoffen, wie um 12 Uhr Mittags und 5 Uhr Nachmittags, noch auszugleichen vermocht hatte. Alle drei Schwankungen lagen also noch innerhalb der normalen



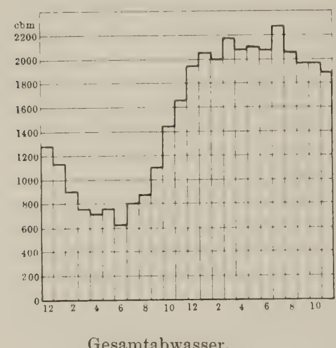
Einlauf Auslauf
Abdampfrückstand.

Fig. 14.

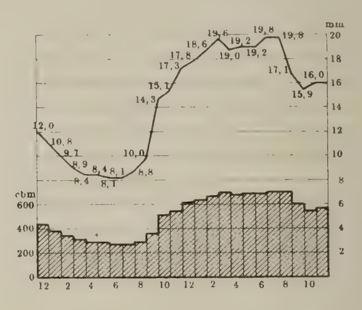
Leistungsfähigkeit des Beckens; Feststellungen, die sich bei den weiteren Versuchen bestätigt haben.

Rund 77 % der im Abwasser enthaltenen Schwebestoffe kamen in dem Becken zur Ablagerung. Die Zusammensetzung der Schwebestoffe hatte sich dabei etwas ver-

ändert. Während sie im Einlauf zu 53,4 % organischer und zu 46,4 % anorganischer Natur war, bestand sie im Auslauf aus 67,7 % organischen und 32,3 % anorganischen Stoffen. Die Beobachtung haben wir auch ferner gemacht, daß die organischen Stoffe prozentmäßig im Auslaufwasser stärker vertreten sind, als im Einlauf, doch ist die Verschiebung für gewöhnlich nicht so bedeutend, wie bei den vorstehenden Beobachtungen. Der Grund liegt darin, daß an dem Versuchstage stärkere Regenmengen niedergingen, die leicht sedimentierbare anorganische Stoffe in größerer Menge dem Abwasser zuführten. Auch der hohe Gesamteffekt von 77 % Reinigung ist etwas mit auf diesen Umstand zurückzuführen.



Gesamtabwasser.



Durch das Versuchsbecken geflossene Wassermenge.

	Schwebestoffe	Oxydierbarkeit	Abdampf-rückstand	Durch-sichtigkeit
Einlauf	279,4	180,2	763,1	3,0
Auslauf	63,6	202,6	752,0	4,3
Differenz	77,3 %			

Mittelwerte.
Arbeitsleistung des Klärbeckens Nr. 3 am 28. u. 29. Sept. 1903.
Fig. 15.

Bei dem ersten Versuche war es uns aufgefallen, daß der Kläreffekt am Tage ein besserer war als bei Nacht. Die weiteren Beobachtungen haben das bestätigt. Wir ermittelten z. B. bei einem andern Versuche, bei welchem die Arbeitsdauer eines Beckens geprüft werden sollte, am ersten Tage der Beckentätigkeit einen Kläreffekt bei Tage von 74,4 %, bei Nacht 60,2 %; am dritten Tage der Beckentätigkeit bei Tage 81,9 %, bei Nacht 41,9 %; am sechsten Tage tagsüber 78,2 %, Nachts 48,0 % und am letzten Versuchstage, dem achten Tage der Beckentätigkeit, bei Tage 71,1 % und bei Nacht 45,7 %.

Zur Erklärung dieser zunächst auffälligen Tatsache sei an die früheren Ausführungen erinnert, daß Nachts die Abwassermenge absinkt und daß mit diesem Absinken zugleich der relative Gehalt an Schwebestoffen kleiner wird. Mit dem Zurückgehen der Abwassermenge sinkt die Strömungsgeschwindigkeit; ein Teil der Schwebe-

stoffe, denen an und für sich schon die gröberen Partikel mehr fehlen, findet Gelegenkeit sich in den Kanälen zu Boden zu setzen. Das zur Reinigungsanlage gelangende Wasser enthält deshalb bei Nacht relativ mehr leichte Stoffe als bei Tage, ein Unterschied, der so groß ist, daß ihn die im Absitzbecken ebenfalls verlangsamte Strömung nicht ausgleichen kann. *Die Beschaffenheit der in dem Abwasser vorhandenen Schwebestoffe ist für den Reinigungseffekt wichtiger, als die Strömungsgeschwindigkeit.* Dieser fundamentale Satz gibt auch den Schlüssel für die oben schon angedeuteten Tatsachen, daß bei Regenwetter, wo große Wassermengen der Anlage zufließen, innerhalb der normalen Leistungsfähigkeit des Beckens der Reinigungseffekt ein besserer ist, als wenn Trockenwetterabflüsse zum Absitzen kommen. Die Regenwetterabflüsse bringen größere Mengen gröberer Partikel mit, die nicht allein selbst rasch zu Boden gehen, sondern im Niedersinken auch noch feine Stoffe mit sich herunterreißen. Freilich darf die obere Leistungsgrenze des Beckens dabei nicht überschritten werden. Werden demselben solche Wassermengen zugemutet, daß die Gleichmäßigkeit der Strömung im Querschnitt des Beckens wesentlich gestört wird oder daß die Strömungsgeschwindigkeit auch den schwereren Partikeln keine Zeit läßt, sich abzusetzen, so kann der Kläreffekt bis zu Null hinuntergehen; das abfließende Wasser kann sogar von schlechterer Beschaffenheit werden als das zufließende, wenn von dem am Boden des Beckens lagernden Schlamm die oberflächlichste Schicht, die sich noch in halbem Schwebezustande befindet, mitgerissen wird. Die Verwaltung einer Reinigungsanlage muß wissen, wo die obere Leistungsgrenze jeden Beckens liegt und sie muß Umlaufkanäle oder Reservebecken genügend zur Verfügung haben, daß sie nicht genötigt ist, die Grenze zu überschreiten. Die Leistungsgrenze ist für jedes Werk besonders zu ermitteln; man kann nicht die in einer Stadt gefundenen Werte ohne weiteres auf andere Städte übertragen, weil die Menge und die Zusammensetzung der in dem jedesmaligen Abwasser vorhandenen Schwebestoffe hier den Ausschlag geben. Man sollte deshalb auch bei Vorschriften, die seitens der Zentralbehörden für den Betrieb von Reinigungsanlagen gegeben werden, von einer sogenannten mittleren Durchflußgeschwindigkeit ganz absehen; diese läßt sich auch bei Trockenwetterabfluß doch nicht innehalten, wie jede unserer zahlreichen Kurven zeigt, weil die Strömungsgeschwindigkeit sich den stündlichen Schwankungen der Abwassermengen anpassen muß. Eine Minimalgrenze für den Kläreffekt kann man nur feststellen, wenn man die maximale Leistungsfähigkeit des Beckens kennt, und diese läßt sich ermitteln. Wenn dann die Behörde bei der Erlaubniserteilung für den Betrieb unter Berücksichtigung der Beschaffenheit des Abwassers, der Art der Zuleitung zu den Becken, der Dimensionen der letzteren und der Aufnahmefähigkeit des Vorfluters die klaren Bestimmungen trifft, wie viel Wasser in maximo pro Stunde jedem Becken zugeführt werden und wie hoch die Strömungsgeschwindigkeit ansteigen darf, dann ist sie sicher, daß ihre Forderungen von einer sich verantwortlich fühlenden Verwaltung auch erfüllt werden können und daß die Verhältnisse in dem Vorfluter sich nicht ganz anders gestalten, als man angenommen hatte. Festzusetzen ist dabei noch die später zu besprechende Dauer der Arbeitsfähigkeit der Becken.

Durchsichtigkeit. Trotzdem drei Viertel der Schwebestoffe aus dem Abwasser entfernt wurden, war die durchschnittliche Durchsichtigkeit nur von 3,0 auf 4,3 cm gestiegen. Die zurückbleibenden Schwebestoffe sind am feinsten verteilt, ihre Menge genügt immer noch, dem Wasser ein unschönes und trübes Aussehen zu geben.

Gelöste Stoffe. Die gelösten Stoffe hatten beim Durchfließen durch das Becken keine Veränderungen erfahren. Es war dies von vornherein zu erwarten; wir machten aber die Analysen, um eine Bestätigung unserer Annahme zu bekommen. Bei den späteren Versuchen wurden sie dann weggelassen. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß der Versuch Ende September, also bei kühler Witterung stattfand. Nennenswerte Fäulnisvorgänge bestanden daher in dem Becken nicht. Bei heißer Witterung ist es nicht ausgeschlossen, daß in dem im Becken lagernden Schlamm die Zersetzung intensiver vor sich geht und daß damit dem über den Schlamm hinfließenden Abwasser gelöste Stoffe beigemischt werden. Große praktische Bedeutung hat die auf diese Weise entstehende Vermehrung der gelösten Stoffe nicht, weil aus andern Gründen, wie später gezeigt werden wird, bei heißer Witterung der Schlamm häufiger entfernt werden muß.

Arbeitsdauer. Zur Entscheidung der Frage, wie lange die Bremer Absitzbecken arbeiten dürfen, haben wir im Herbst 1903 (im November) Becken No. 1 acht Tage lang beobachtet, im Sommer (Juni) 1904 neun Tage und schließlich noch im Oktober 1904 Becken Nr. 4 20 Tage. Im ersten Falle wurde der 24stündige Serienversuch mit allen oben erwähnten Feststellungen jedesmal am 1., 3., 6. und 8. Tage der Beckentätigkeit vorgenommen, im zweiten, im Juni, am 1., 3., 5., 7. und 9. Tage und im dritten am 1., 5., 9. und 20. Tage der Beckentätigkeit. Diese Untersuchungen wurden erforderlich, weil die Beobachtungen im praktischen Betriebe gezeigt hatten, daß unter verschiedenen Umständen die Leistungen der Becken nach relativ kurzer Zeit nachließen. Unsere Untersuchungen haben die Beobachtungen bestätigt und die Ursache des Herabsinkens der Leistungsfähigkeit erkennen lassen.

Der Kläreffekt an den einzelnen Tagen ist aus der nebenstehenden Tabelle zu ersehen.

November 1903		Juni 1904		Oktober 1904	
1. Tag	67,3 %	1. Tag	75,0 %	1. Tag	63,0 %
3. Tag	70,6 %	3. Tag	76,4 %	5. Tag	60,1 %
6. Tag	66,3 %	5. Tag	77,5 %	9. Tag	66,8 %
8. Tag	58,3 %	7. Tag	70,9 %	20. Tag	61,8 %
		9. Tag	64,7 %		

Die beiden ersten Versuchsreihen zeigen übereinstimmend, daß etwa vom siebenten Tage an der Kläreffekt ein geringerer wird, während bei der dritten Versuchsreihe ein solches Sinken nicht hervortritt. Die beiden ersten Versuche sind am Becken Nr. 1 angestellt, der letzte am Becken Nr. 4. Vorweg sei bemerkt, daß Becken Nr. 4 überhaupt weniger Schwebestoffe ausscheidet als Nr. 1, es ist das von der Zentralpumpe am weitesten entfernte Becken und hat infolgedessen den längsten Zubringerkanal, in welchem schon kleine Mengen der schwereren Sinkstoffe zu Boden

gehen. Diese Unterschiede haben aber auf die vorliegende Frage keinen Einfluß. Die Ursache liegt darin, daß während der Versuche in dem Becken Nr. 1 jedesmal Fäulniserscheinungen aufgetreten waren, welche in Becken Nr. 4 fehlten. Das Auftreten solcher Fäulnisvorgänge wird durch die warme Witterung beschleunigt, ebenso sehr aber auch durch das Zurückbleiben von faulendem Schlamm bei der Reinigung der Becken. Die Wirkung der Fäulnis zeigte sich in dem Emporsteigen großer Gasblasen aus dem am Boden liegenden Schlamm; das Gas reißt mehr oder weniger große Mengen bereits abgesetzten Schlammes wieder mit in die Höhe und vermehrt dadurch nicht nur den Gehalt des über dem Schlamm fließenden Wassers an Schwebestoffen, sondern stört auch die gleichmäßige Strömung und verhindert das Absetzen anderer. Die Wirkung selbst kleiner Gasmengen ist eine intensive, weil die Absitzbecken als Flachbecken betrieben werden, d. h. eine geringe Tiefe haben; der Weg von der Schlammschicht bis zur Oberfläche des strömenden Wassers ist nur ein kurzer.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß für die jetzige Anlage die Betriebszeit bei einigermaßen warmer Witterung auf höchstens sieben Tage zu bemessen ist und daß beim Reinigen der Becken auf eine möglichst vollständige Entfernung des Schlammes sorgfältig geachtet werden muß. Gelegentlich wird man im Sommer schon früher die Becken reinigen müssen, das Auftreten größerer Gasblasen ist immer ein Zeichen für das Herabgehen der Leistungfähigkeit.

Mit der Tatsache, daß unter günstigen Umständen bei kalter Witterung ein Becken ausnahmsweise etwas länger arbeitsfähig bleiben kann, darf die Betriebsführung nicht rechnen.

Den Versuch am Becken Nr. 4 im Oktober 1904 haben wir noch benutzt, um im großen nachzuprüfen, ob unsere Feststellungen, daß der Jahresdurchschnitt etwa 300 mg an Schwebestoffen im Liter beträgt und daß die Absitzbecken rund $^2/_3$ der Schwebestoffe zurückhalten, richtig sind. Wir konnten diese Prüfung machen, weil eine Schlammverzehrung durch Fäulnis, wie schon erwähnt, nicht stattgefunden hatte.

Das Becken hatte in den 20 Versuchstagen rund 210000 cbm Abwasser erhalten. Unter der Voraussetzung, daß 300 mg trockene Schwebestoffe im Jahresdurchschnitt im Liter vorhanden sind, enthalten die 210000 cbm Abwasser 63 cbm trockener Schwebestoffe. Der frische Schlamm enthält, so lange er keine Gelegenheit zum Abdunsten bekommen hat, rund 90 $^0/_0$ Wasser. Die 63 cbm trockener Schwebestoffe entsprechen daher 630 cbm Schlamm. Bei einer Leistungsfähigkeit des Beckens von 66 $^0/_0$ mußten im Becken zum Absitzen kommen $^2/_3$ von 630 gleich 420 cbm Schlamm. Wir fanden bei der Entleerung des Beckens annähernd 430 cbm.

Die tatsächlichen Verhältnisse haben also unsere Berechnungen bestätigt.

Schlamm. Die Beseitigung des bei dem Reinigungsprozeß entstehenden Schlammes bietet zurzeit noch große Schwierigkeit. Zahlreiche Vorschläge sind nach mannigfachen Richtungen gemacht, sie leiden ausnahmslos daran, daß sie zu kostspielig sind. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, hier die einzelnen Methoden der Schlammbeseitigung gegeneinander zu werten; eigene Versuche konnten wir, abgesehen vom Lagern in freier Luft, bis jetzt nicht anstellen. Da wir jedoch meinen, daß solche Versuche desto aussichtsvoller sind, je besser man die Zusammensetzung

des Schlammes kennt, haben wir während der drei Versuchsjahre diese unter den verschiedensten Bedingungen ermittelt. Es stehen uns im Ganzen 41 Analysen zur Verfügung.

Untersucht man den Schlamm unmittelbar nach dem Ablassen des Wassers aus dem Becken, so zeigt er einen Wassergehalt von rund 90 %. Bleibt der Schlamm dann einen halben bis einen ganzen Tag in dem Becken ruhig liegen, so verliert er teils durch Abfluß, teils durch Verdunstung noch bis zu 10 % Wasser. Damit ist die Grenze der leichten Abgabe erreicht, das übrige Wasser wird lange festgehalten. Selbst wenn man den Schlamm auf drainiertem Boden oder auf Koks oder dergleichen lagert, dauert es je nach der Witterung wochen-, ja monatelang, bis so viel Wasser abgegeben wird, daß der Schlamm stichfest geworden ist. In diesem Zustande enthält er noch ungefähr 60 % Wasser.

Die Trockensubstanz besteht annähernd zu gleichen Teilen aus anorganischer und organischer Substanz, das Verhältnis schwankt von Probe zu Probe, doch weichen die Schwankungen selten über 10 % nach oben oder unten von dem mittleren Durchschnitt ab.

Der Fettgehalt in der Trockensubstanz des frischen Schlammes ist ein hoher. Er beträgt im Mittel aus 35 Proben 17,8 %, die Schwankungen gehen von 11,9 bis 28,7 %. Das Fett ist zum Teil in Form von Neutralfett und freien Fettsäuren, zum Teil in Form von Seifen vorhanden. Der hohe Gehalt an Fett mag einerseits bedingt sein durch die Lebensgewohnheiten der bremischen Bevölkerung, die fette Speisen liebt, andererseits führt der Schlachthofbetrieb der Reinigungsanlage viel fetthaltige Abwässer zu.

Der Stickstoffgehalt der Trockensubstanz beträgt im Mittel aus 30 Analysen 2,14 %, das festgestellte Minimum war 1,5 %, das Maximum 3,0 %.

Der Phosphorsäuregehalt ist einmal bestimmt, er betrug 0,53 %.

Beim Lagern des Schlammes treten rasch Zersetzungen ein. Vor allem sind es die Fettsubstanzen, die solche eingehen und damit zur Bildung der unangenehmen Gerüche, welche Schlammlager zu verbreiten pflegen, Veranlassung geben. In einem Falle fanden wir nur noch 8 % Fett in der Trockensubstanz, in einem andern 9,24 %, in einem dritten 7,7 %, nachdem der Schlamm jedesmal 8 Tage bei warmer Witterung auf Koks gelagert hatte. Bei kalter Witterung, Ende November, Anfang Dezember, betrug der Fettgehalt noch 12,8 % trotz annähernd vierwöchentlicher Lagerung des Schlammes.

Eine Abnahme des Stickstoffgehaltes haben wir nicht feststellen können, doch möchten wir darüber ein abschließendes Urteil nicht abgeben; unsere Untersuchungen reichen dazu nicht aus.

Das gereinigte Wasser. Das aus den Absitzbecken abfließende Wasser enthält, wie erwähnt, noch sämtliche gelösten Stoffe des Rohwassers und etwa $^1/_3$ der Schwebestoffe. Es ergibt sich von selbst, daß diese Schwebestoffe die spezifisch leichtesten sind, die kleinsten brauchen sie darum aber nicht zu sein. Wir haben uns deshalb nicht an die sonst übliche Formel gehalten, nach der es heißt, die Schwebestoffe müssen bis zu 2 oder 3 Millimeter Größe herab aus dem Abwasser entfernt sein,

sondern erachteten es für richtiger, zu ermitteln, in welcher Zeit die in dem gereinigten Abwasser noch vorhandenen Schwebestoffe zu Boden sinken. Die Lösung dieser Frage ist für Bremen deshalb von Wert, weil der wichtigste Vorfluter, die Weser, bei Bremen unter der Wirkung von Ebbe und Flut steht. Es ist deshalb zu erwägen, ob man die Abwässer zu jeder Zeit oder nur bei bestimmten Flutverhältnissen in die Weser hineinlassen soll und für diese Erwägung ist es erforderlich, die Sedimentationszeit der im gereinigten Abwasser verbliebenen Schwebestoffe zu kennen.

Die erforderlichen Untersuchungen lassen sich nach Lage der Dinge nur in stehendem Wasser ausführen; die ermittelten Werte können aber auf langsam strömendes Wasser übertragen werden, wenngleich sie etwas ungünstiger sind als die tatsächlichen Verhältnisse in diesem. Die Strömung wirkt je nach ihrer Geschwindigkeit mehr oder weniger hemmend auf das Zubodensinken der Schwebestoffe ein.

Zu den Versuchen wurde ein 1,0 m hohes und 0,76 m breites und 0,5 m langes Glasbecken benutzt, aus welchem 80 cm, 50 cm und 20 cm über der Sohle Untersuchungsproben ohne stärkere Wasserbewegung entnommen werden konnten. Für die Fernhaltung äußerer Erschütterungen war genügend Sorge getragen. Das zu untersuchende, aus einem Klärbecken abfließende Wasser wurde vorsichtig eingefüllt. Bei den beiden ersten Versuchen wurden von zwei zu zwei Stunden aus den drei verschiedenen Beckentiefen Proben entnommen und analysiert, bei dem dritten Versuche in längeren Zeiträumen. Neben dem Gehalt des zum Versuche benutzten Wassers an Schwebestoffen wurde auch die Leistungsfähigkeit des Klärbeckens, aus welchen das Versuchswasser stammte, festgestellt.

Die Reinigungsfähigkeit des Beckens betrug rund 70 %, der Gehalt an Schwebestoffen in dem gereinigten Wasser 56, 50 und 94 mg im Liter.

In den beiden ersten Versuchen hatte die 80 cm über der Sohle liegende oberste Wasserschicht nach 2 Stunden 20 %, nach 4 Stunden 23 % und nach 6 Stunden 36 % ihrer Schwebestoffe abgesetzt; die 50 cm über dem Boden befindliche Schicht 16,5 % 19 % und 19 %; die 20 cm über dem Boden befindliche Schicht 16 %, 24 % und 23 %. Selbst bei sechsstündigem ruhigen Stehen war also knapp ein Viertel der Schwebestoffe zu Boden gesunken; dabei war das Becken nur 1 Meter tief. Bei dem letzten Versuche wurden die Proben nach 6 Stunden, nach 22 und nach 30 Stunden entnommen. Die oberste Schicht zeigte einen Verlust von 17 bezw. 47 bezw. 45 % an Schwebestoffen. Die mittlere von 14, 37 und 63 %, die unterste von 23, 35 und 44 %.

Beziehungen zwischen der Leichtigkeit, mit welcher diese Schwebestoffe zu Boden sinken, und ihrem Gehalt an organischen oder anorganischen Substanzen haben wir nicht ermitteln können.

Wir legen den einzelnen Zahlen keinen besonders großen Wert bei, in ihrer Gesamtheit zeigen sie aber, daß die Schwebestoffe, welche in dem Klärbeckenabfluß sich noch befinden, spezifisch sehr leicht sind und sich daher außerordentlich langsam zu Boden senken. Die Gefahr der Schlammbankbildung in der Nähe der Mündungsstelle des Einlaufskanales ist in einem fließenden Vorfluter daher kaum vorhanden.

B. Waller Entwässerungsgebiet.

Die Abwässer fließen unbehandelt dem Vorfluter zu.

C. Linksweserisches Entwässerungsgebiet.

Die Abwässer dieses Gebietes werden in einem großen Brunnen vor der Pumpmaschine zusammengeführt. Dieser Brunnen dient als Sandfang. Die gröberen Schwimmstoffe werden außerdem durch ein Gitter zurückgehalten. Die Schwimmstoffe und die abgelagerten schweren Sinkstoffe werden je nach Bedarf ein- und zweitägig von Hand entfernt und mit städtischem Müll außerhalb des bebauten Terrains kompostiert. Ihre Mengen betragen zurzeit täglich etwa 2 cbm. Eine nennenswerte Reinigung des Abwassers ist somit durch ihre Entfernung nicht erzielt. Der Brunnen ist auch in erster Linie dazu da, um das Eindringen von Sand und gröberen Schwimmstoffen in die Pumpen zu verhindern.

Kurz vor seiner Einmündung in die Weser ist das Leitungsrohr durch ein überdecktes Becken unterbrochen. Das Becken hat eine Länge von 37 m, die Strömungsbreite des Abwassers beträgt in ihm bei Ebbe 4 Meter, bei Flut je nach der Höhe derselben 12 Meter und mehr. Da die Strömung des Wassers in diesem Becken eine verlangsamte ist, so war zu prüfen, ob es einen Einfluß auf den Gehalt des abfließenden Wassers an Schwebestoffen ausübte.

Bei Ebbe betrug die Auslaufgeschwindigkeit aus dem Zubringerkanal 620 mm in der Sekunde, die Strömungsgeschwindigkeit in dem Becken 200 mm, an einzelnen Stellen 300 mm. Daß bei einer Geschwindigkeit von 200 bis 300 mm auf der Strecke von 37 m ein Absitzen der Schwebestoffe nicht stattfinden würde, war zu erwarten. Die Analysen bestätigten diese Erwartung. Der Durchschnitt einer Anzahl korrespondierender Proben zeigte im Einlauf 115 mg, im Auslauf 120 mg Schwebestoffe im Liter.

Etwas anders gestalten sich die Verhältnisse bei Flut; es kommt dann je nach der Wasserhöhe zu einem Aufstauen des Abwassers in dem Becken und damit zu einer Stromverlangsamung, die bei mittlerer Fluthöhe bis zu 50 mm Geschwindigkeit geht. Bei dieser Geschwindigkeit senken sich schwerere Stoffe schon zu Boden. Wir fanden infolgedessen einen durchschnittlichen Unterschied zwischen Einlauf und Auslauf von 25 %. Zu einer dauernden Ablagerung der Schwebestoffe im Becken kommt es dadurch aber nicht; was während des Hochstandes des Wassers sich senkt, wird von dem fallenden stärker ablaufenden Wasser wieder mit fortgenommen. Wenn somit insgesamt auch keine Verminderung der der Weser zugeführten Schwebestoffe eintritt, so wirkt das Becken doch bis zu einem gewissen Grade ausgleichend; bei geringer Stromgeschwindigkeit in der Weser während der Fluthöhe werden dem Flusse weniger Schwebestoffe zugeführt, bei stärkerer Geschwindigkeit während des ablaufenden Wassers mehr. Mit dieser Leistung ist allerdings auch die Wirksamkeit des Beckens erschöpft.

Zusammenfassung.

In den Klärbecken der Blocklander Reinigungsanlage werden zwei Drittel der im Rohwasser vorhandenen Schwebestoffe entfernt, die gelösten Stoffe werden nicht beeinflußt.

Die Strömungsgeschwindigkeit darf 20 mm in der Sekunde betragen, ohne daß der Kläreffekt beeinträchtigt wird.

Bei warmer Witterung müssen die Becken nach höchstens sieben Tagen vom Schlamm gereinigt werden, bei kalter darf die Betriebszeit länger dauern.

Die Schwebestoffe des abfließenden Wassers sedimentieren sehr langsam.

Der Klärschlamm enthält beträchtliche Mengen Fett; die Fettstoffe zersetzen sich beim Lagern des Schlammes jedoch rasch.

Der Sammelbrunnen für das linksweserische Abwasser und das Regulierungsbecken im Ableitungskanal führen eine nennenswerte Reinigung des Wassers nicht herbei.

Abschnitt 6. **Die Vorfluter.**

A. Die kleine Wümme, das Maschinenfleet und die große Wümme.

Zur Ermittelung des Einflusses, welchen das Hemmgraben- geklärte und das Waller- ungeklärte Abwasser auf den Vorfluter ausüben, wurden im Jahre 1903 eine Anzahl orientierender Vorversuche angestellt. Auf Grund der hierbei gemachten Erfahrungen fanden im Frühjahr und Sommer 1904 je zwei Befahrungen der in Frage kommenden Wasserläufe statt. Die Frühjahrsuntersuchungen wurden vorgenommen, bevor die Hemmgraben-Reinigungsanlage arbeitete, das ungeklärte Wasser also noch auf die Wiesen des Ober- und Niederblocklandes gepumpt wurde; siehe Abschnitt 2.

Die Wasserführung der kleinen Wümme und des Maschinenfleets ist eine geringe, sie beträgt etwa 30000 cbm täglich, erreicht also nicht die Höhe der ihr zugeführten Abwassermenge. Die Strömungsgeschwindigkeit schwankt, je nachdem die Schleusen und die Pumpen zu Wasserhorst und zu Dammsiel in Tätigkeit sind. Die höchste von uns beobachtete Geschwindigkeit betrug einmal an einer Stelle 220 mm in der Sekunde, die durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit ist aber eine weit geringere; zeitweise steht das Wasser ganz still.

Es sei zunächst die Beschaffenheit der Vorfluter während der kalten Jahreszeit geprüft. Karte Tafel I.

Während dieser Zeit wird, wie erwähnt, das Hemmgraben-Abwasser an der Reinigungsanlage vorbeigeführt und auf die rechts und links neben den Vorflutern gelegenen Wiesen gepumpt; diese werden mehr oder weniger überstaut. Das Stauwasser steht durch Gräben mit dem Wasser der Wümme und des Maschinenfleets in Verbindung. In der Nähe der Pumpstation gelangt ein Teil des Abwassers bald wieder in die Wümme, weiter entfernt von derselben hat es Zeit und Gelegenheit auf den großen Wiesenflächen vollständig abzusetzen.

Die allgemeine Beschaffenheit des Flußwassers ist während dieser Jahreszeit nicht gerade als schlecht zu bezeichnen. Oberhalb der Kläranlage hat es eine Durchsichtigkeit von mehr als 20 cm; diese geht von der Kläranlage an herunter auf 10

bis 15 cm; das Wasser hat aber die ihm als Moorwasser eigene gelbe Farbe nirgends ganz eingebüßt, wenngleich die gelbe Farbe unmittelbar unterhalb des Waller Abzugsgrabens kaum zu erkennen ist. Einen auffallend unangenehmen Geruch zeigt das Wasser nicht.

Die Menge der Schwebestoffe, welche oberhalb der Kläranlage 14,7 mg im Liter betrug, hob sich bis zur Entnahmestelle 3 (Gerken) auf das Doppelte, 30,5 mg, um dann infolge der Zuführung des nur wenig Schwebestoffe (7,8 mg) enthaltenden Wassers aus dem Waller Fleet wieder abzusinken. Das aus dem Waller Abzugsgraben zufließende Waller Abwasser, das 71,9 mg Schwebestoffe führte, ließ die Menge der Schwebestoffe in dem Maschinenfleet zunächst wieder steigen und zwar auf 34,7 mg. Allmählich erfolgt dann durch Sedimentation wieder eine Abnahme. Die beinahe als toter Arm anzusehende Fortsetzung der kleinen Wümme über die Abgangsstelle des Maschinenfleets hinaus zeigte bei Entnahmestelle c (Kapelle) noch dieselbe Menge an Schwebestoffen wie zwischen Kläranlage und Mündungsstelle des Waller Fleets. Der organische Anteil der Schwebestoffe betrug oberhalb der Kläranlage und im Waller Fleet, also an Stellen, die der Verunreinigung mit Abwasser weniger ausgesetzt sind, $^1/_5$ bis $^1/_6$; an den anderen Stellen dagegen ein Drittel bis mehr als die Hälfte.

Die gelösten Stoffe zeigen einen mäßigen Gehalt an Stickstoff bezw. Ammoniak. Auch hier zeigt sich die zweimalige Steigung auf das Doppelte bis Dreifache unterhalb der Kläranlage und wieder unterhalb der Einmündungsstelle des Waller Abzugsgrabens. Salpetrige Säure ist an einzelnen Stellen in Spuren vorhanden; die Salpetersäurereaktion gab jedoch dort einen kräftigen Ausschlag, wo die Proben eine Strecke entfernt von den beiden Verunreinigungsstellen entnommen wurden. Chlor war am meisten vorhanden oberhalb der Kläranlage, ob dies seinen Grund darin hat, daß neben der kleinen Wümme bei der Abdeckerei große Mengen von Chlorkalk gelagert waren, von welchen Chlor in die Wümme gespült wurde, sei dahin gestellt.

Sämtliche Proben, mit Ausnahme derjenigen aus dem Waller Abzugsgraben, zeigten einen hohen Gehalt an Sauerstoff. Es macht sich zwar auch hier der Einfluß der zufließenden, leicht oxydablen Abwasserstoffe geltend, indem der Sauerstoffgehalt bis auf 4,55 ccm bei 6° Wassertemperatur und auf 3,8 ccm bei 8° C. herunterging, aber es blieb überall noch genug gelöster Sauerstoff zur Verfügung, um stinkende Fäulnis hintanzuhalten. Die niedrige Temperatur und die weite Oberfläche, welche das Wasser auf den überstauten Wiesen hat, bieten die Möglichkeit, große Sauerstoffmengen aufzunehmen und bei der Abgabe an die sauerstofffreien aber sauerstoffbegierigen fäulnisfähigen Stoffe zu ergänzen.

Im Waller Abzugsgraben liegen die Verhältnisse anders. Das Wasser hat selbst an der Einmündungsstelle in das Maschinenfleet noch eine Temperatur von 18 bis 20° C., ist also schon deshalb wenig geeignet, Sauerstoff zu binden und führt außerdem zu viel fäulnisfähiges Material, daß nicht die geringe aufgenommene Sauerstoffmenge sofort verarbeitet würde; wir fanden nur noch 0,27 ccm in dem Wasser.

Gleichzeitig mit den Wasserproben wurden auch Schlammproben von dem Boden der Wasserläufe untersucht. Üblen Geruch hatte der Schlamm im Waller Abzugsgraben und oberhalb und unterhalb der Einmündung desselben im Maschinenfleet.

Daß auch oberhalb der Mündungsstelle faulender Schlamm vorhanden war, erklärt sich dadurch, daß gelegentlich bei entsprechender Windrichtung Wasser aus dem Abzugsgraben zurückgestaut wird. Der an den übrigen Stellen entnommene Schlamm roch nicht; im Waller Fleet hat er einen leichten Stich in das Moderige. Die mikroskopische Untersuchung zeigte überall anorganische strukturlose, zum Teil scharfgekantete Massen untermischt mit spärlichem, hier und da noch strukturiertem, organischem Detritus. Diatomeen fanden sich überall, Pilzfäden, Bakterien und Infusorien vereinzelt dort, wo der Schlamm noch in der Zersetzung begriffen war.

Das Ergebnis der Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß man zwar den Einfluß des zufließenden Abwassers überall in den Vorflutern nachweisen kann, daß jedoch durch die Art und Weise, wie die Abwässer im Winter beseitigt werden, nennenswerte Mißstände zurzeit nicht entstehen.

Ganz anders gestaltet sich das Bild im Sommer. Oberhalb der Kläranlage hat das Wasser der kleinen Wümme noch seine gelbe Farbe, es ist schwach getrübt und geruchlos mit einem leichten Stich ins Moorig-modrige. Unterhalb der Kläranlage wird es stark getrübt, seine Durchsichtigkeit sinkt auf weniger als die Hälfte, die Farbe wird schwarz, der Geruch faulig und fäkal. Diese Eigenschaften behält das Wasser bis über die Einmündungsstelle des Waller Abzugsgrabens hinaus. Etwa von der Oslebshauser Brücke an (km 5) macht sich eine langsame Abnahme bemerkbar, doch war selbst an der Pumpstation Wasserhorst ein fäkaler Geruch unverkennbar und die Farbe des Wassers noch schwärzlich.

In der großen Wümme, die oberhalb der Pumpstation und am rechten Ufer unterhalb derselben eine gelbliche Färbung hat, konnte man an den Beobachtungstagen am linken Ufer einen anders gefärbten Wasserstreifen erkennen. Man sah hier hie und da einen Fisch sich aus dem Wasser heben und nach Luft schnappen, außerdem trieben einzelne tote Fische auf dem Wasser herum. Üble Gerüche waren auf der großen Wümme nicht festzustellen.

In der kleinen Wümme war von der Abgangsstelle des Maschinenfleets an die Beschaffenheit des Wassers bis Kapelle etwa dieselbe, wie im Maschinenfleet. Von Kapelle an machte sich aber eine Besserung bald geltend; bei Bavendamm war die Farbe des Wassers wieder schwach gelb, der Geruch nicht mehr faulig, sondern leicht moderig und die Durchsichtigkeit eine eben so große, wie oberhalb der Kläranlage. In dieser Strecke der kleinen Wümme war eine Bewegung des Wassers nicht merkbar.

Das Waller Fleet bot in seinem nahe dem Maschinenfleet gelegenen Teile dieselben Verhältnisse wie dieses. Im Waller Abzugsgraben bot das Wasser die schlechteste Beschaffenheit; es hatte nur noch eine Durchsichtigkeit von 2,5 cm, war schwarz und sehr übelriechend.

Von der Einmündungsstelle der Kanalwässer an stiegen im Wasser zahlreiche Gasblasen hoch, die zum Teil Fladen von Schlamm mit an die Oberfläche rissen.

Pflanzenwachstum (Wasserlinsen usw.) war oberhalb der Kläranlage in der Wümme vorhanden, an der Kläranlage verschwanden die Pflanzen, bei Geerken (km 2) traten allmählich wieder Wasserlinsen auf, die nach Kapelle hin mehr und mehr zunahmen.

Im Maschinenfleet war jedoch jedes Wachstum wieder verschwunden und erst von der Oslebshauser Brücke an (km 5) fand wieder eine zunächst spärliche aber weiter abwärts stark zunehmende Entwickelung statt.

Die Veränderungen des Wassers waren im Anfang August ausgesprochener als zu Ende Mai.

Den Feststellungen in bezug auf die physikalische Beschaffenheit entsprechen die Ergebnisse der chemischen Analysen.

Die Menge der Schwebestoffe steigt unterhalb der Kläranlage stark an, sinkt etwas ab bis zum Maschinenfleet, um durch das Wasser des Waller Abzugsgrabens wieder eine leichte Steigerung zu erfahren. Nach Wasserhorst und Dammsiel zu hat sich dann nach und nach ein gut Teil auf den Boden der Wasserläufe .abgelagert. Die Steigerung durch den Zufluß des Waller Abzugsgrabens ist im Sommer relativ nicht so bedeutend wie im Winter; im Sommer bringt das Wümmewasser von der Kläranlage her mehr Schwebestoffe mit, denen gegenüber die Wirkung des an und für sich an Schwebestoffen armen Waller Abwassers zurücktritt.

Fast schärfer noch als durch die Schwebestoffe prägt sich die Wirkung der Abwässer durch die gelösten Stoffe aus. Der Ammoniakgehalt, welcher oberhalb der Kläranlage etwa 2 mg im Liter betrug, steigt bis auf das Fünfzehnfache; auch er macht dieselbe Kurve wie der Gehalt an Schwebestoffen. In der kleinen Wümme fanden sich bei Kapelle noch 25 mg, bei Bavendamm nur noch 5,7 und bei Dammsiel 0,36 mg. Bei Wasserhorst dagegen waren noch 16 mg vorhanden. Bemerkenswert sind auch die Befunde der großen Wümme; oberhalb Wasserhorst fanden sich 0,53 mg Ammoniak im Liter, unterhalb am linken Ufer 9,1, am rechten Ufer 0,78 mg.

Der Gehalt an Sauerstoff gibt das umgekehrte Bild. Oberhalb der Kläranlagen sind noch reichliche Mengen vorhanden, dann verschwindet er vollständig und bleibt weg im ganzen Maschinenfleet; auch bei Wasserhorst konnte keiner festgestellt werden. In der kleinen Wümme fehlt er noch bei Kapelle, bei Bavendamm finden sich 1,14 ccm, bei Dammsiel 3,87 ccm. Spuren finden sich auch im Waller Fleet. In der großen Wümme fanden wir oberhalb Wasserhorst 4,42, unterhalb am rechten Ufer 3,96 und am linken 0,43 ccm. Der Lufthunger der in den Bereich dieses Teiles des Flusses geratenden Fische findet damit seine Erklärung.

Salpetrige Säure und Salpetersäure fanden sich auf der Strecke von der Kläranlage bis Kapelle und bis Wasserhorst nicht, oberhalb der Kläranlage und bei Bavendamm und Dammsiel in geringen Mengen. In der großen Wümme fanden wir an allen drei Entnahmestellen geringe Mengen salpetriger Säure; Salpetersäure jedoch nur oberhalb und am rechten Ufer; links fehlt sie, hier hatten die geringen Sauerstoffmengen zur Oxydation bis zur Salpetersäure nicht gereicht. Die Befunde in betreff der Salpetersäure und der salpetrigen Säure gehen also vollständig konform den Ammoniak- und Sauerstoffbefunden.

Auch am Stickstoff, Abdampfrückstand, Glühverlust und an der Oxydierbarkeit ließ sich Schritt um Schritt die Wirkung des zufließenden Abwassers verfolgen; das Bild ist dasselbe, wie soeben für die übrigen gelösten Stoffe geschildert. Wir sehen deshalb davon ab, auf die Einzelheiten näher einzugehen.

Einen klaren Einblick in die in den Vorflutern sich abspielenden Vorgänge boten auch die Schlammuntersuchungen. Infolge der außerordentlich geringen Strömungsgeschwindigkeit, die, wie erwähnt, zeitweise auf Null hinabsinkt, kommen die den Vorflutern zugeführten Schwebestoffe trotz ihrer großen spezifischen Leichtigkeit doch zum Absinken und zwar vorwiegend in der Nähe der beiden Zuflußstellen, also an der Kläranlage und am Waller Abzugsgraben. Die an der ersten Stelle der kleinen Wümme zugeführten Mengen sind weitaus die größeren, trotzdem in den Klärbecken zwei Drittel der Schwebestoffe zurückgehalten werden. Die Gesamtabwassermenge beträgt hier das Dreifache derjenigen im Waller Abzugsgraben und der Gehalt an Schwebestoffen im Rohwasser ist um das Doppelte höher. Entsprechend diesen Verhältnissen fanden wir auf dem Boden der Vorfluter von der Kläranlage an bis Kapelle in der kleinen Wümme einerseits und bis Entnahmestelle 5 (km 4) im Maschinenfleet andererseits frischen in Fäulnis befindlichen Schlamm. An diesen beiden Endstellen war die Fäulnis jedoch schon nicht mehr so intensiv als weiter aufwärts; abwärts von ihnen hatte der auch hier vorhandene Schlamm kaum noch offensive Eigenschaften, er verhielt sich wie der oberhalb der Kläranlage aus der kleinen Wümme entnommene und wie derjenige aus der großen Wümme.

Der Unterschied zwischen dem mit faulendem Schlamm gefüllten Zentrum und den nicht faulenden Schlamm enthaltenden Enden des Vorflutergebietes zeigte sich neben der Gasbildung in dem Schlamm recht deutlich in der in ihm befindlichen Fauna und Flora. In dem faulenden Schlamm eine intensive, mikroskopisch zu verfolgende Lebenstätigkeit niederer Lebewesen. Überall Bruchstücke farbloser Algen und niederer Pilze, ruhende und in lebhafter Bewegung befindliche große und kleine Bazillen, dazwischen rasch durch das Gesichtsfeld schießende Spirillen; kleine und große Amöben, von denen die letzteren mittels ihrer Wimpern wirbelnde Strömungen hervorriefen und die mit den Wirbeln in ihren Bereich kommenden organisierten und unorganisierten Körperchen ihrem Innern einverleibten.

In dem nicht faulenden Schlamm war von all diesem Leben nichts zu sehen, gelegentlich nur nach langem Suchen fand man ein einsames Bakterium. An den Übergangsstellen — Kapelle und km 4 im Maschinenfleet — waren Pilzfäden und große ruhende Bakterien noch reichlich vorhanden, die Zahl der beweglichen Bakterien und der Amöben trat aber zurück. In allen Schlammproben fanden sich gleichmäßig geringe Mengen von Diatomeen.

Das Ergebnis der Sommeruntersuchungen zeigt also die Vorfluter in stinkender Fäulnis. An der Fäulnis sind beteiligt die Schwebestoffe wie die gelösten Stoffe. Die ersteren machen sich geltend in faulenden Ablagerungen auf dem Boden der Wasserläufe, die sich von den Einflußstellen bis zu Kapelle in der kleinen Wümme und bis zum km 4 im Maschinenfleet erstrecken. Die gelösten Stoffe des Abwassers bewirken eine faulige Umänderung der ganzen Wassermenge von der Kläranlage bis Wasserhorst; sie wirken bei dem Einfluß in die große Wümme am linken Ufer dieses Flusses je nach ihrer Menge noch schädigend auf die Fische ein. Der Verunreinigungskoeffizient ist im Sommer größer bei dem Abwasser aus dem Hemmgrabengebiet als bei dem aus dem Wallergebiet.

Zusammenfassung.

Die Beseitigung der Abwässer aus dem Hemmgraben- und dem Waller Abwässerungsgebiet läßt sich im Winter zwar durch eine geringe Verschlechterung der Beschaffenheit der Vorfluter — kleine Wümme und Maschinenfleet — nachweisen, sie führt aber nennenswerte Mißstände nicht herbei.

Im Sommer genügen die kleine Wümme und das Maschinenfleet zur Aufnahme der nur mechanisch gereinigten Abwässer des Hemmgrabengebietes und der ungereinigten des Waller Gebietes nicht.

B. Die Weser.

Die Beurteilung der Wasserverhältnisse der Weser und der Beeinflussung, welche das Flußwasser durch zufließende Abwässer erfährt, ist erschwert durch den Umstand,

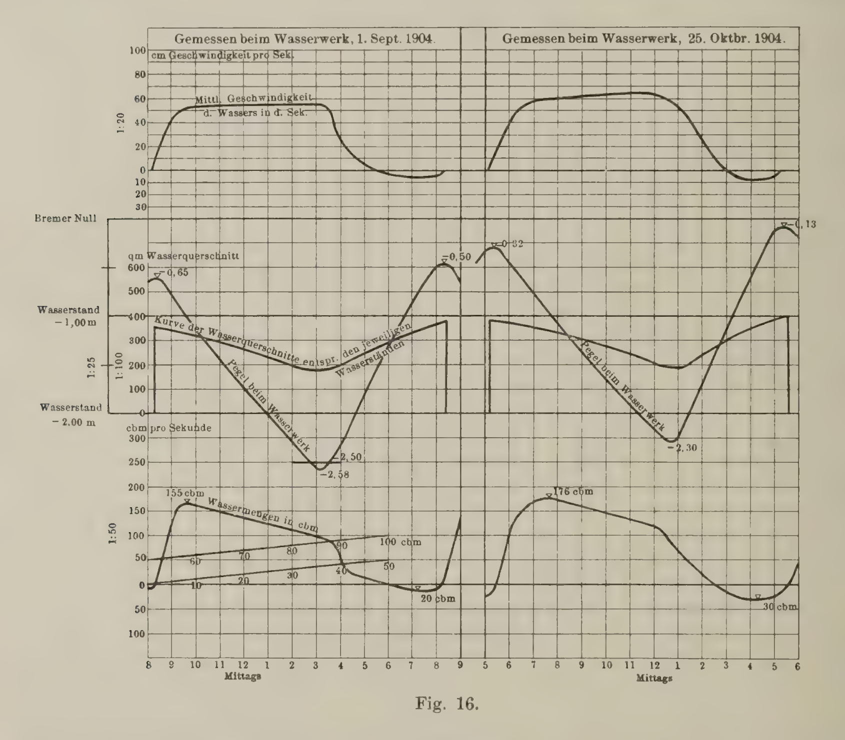


Fig. 16.

daß der Unterlauf des Stromes unter Einwirkung von Ebbe und Flut steht und daß Bremen gerade an der Stelle liegt, wo die Flutwirkung ihre Grenze findet. Während bei Ebbe die ganze im Flusse befindliche Wassermenge abwärtsströmt, dreht bei Flut die von der See eindringende Welle die Stromrichtung um, bis das auflaufende Wasser zu einem Punkte gelangt, an dem das von oben her zufließende ihr das

Gleichgewicht hält, wo es also zum Stillstand im Fließen kommt. Der Stillstand dauert so lange, als die Kräfte der von oben und der von unten andringenden Wassermassen die gleichen sind. Von diesem Kräfteverhältnis hängt aber nicht allein die Dauer des Stillstandes ab, sondern auch der Ort, wo er stattfindet. Trifft ein rasch und mit hoher Welle auflaufendes Wasser auf niedriges Oberwasser, so liegt der Gleichgewichtspunkt weiter oberhalb im Flusse, ist hohes Oberwasser vorhanden, so liegt er weiter unterhalb.

Oberhalb des Stillstandspunktes ist die Abströmungsgeschwindigkeit eine verlangsamte, sie steigt mit zunehmender Entfernung, bis sie dort, wo die Stauwirkung nicht mehr zur Geltung kommt, die ihr nach Flußprofil und Wassermenge eigene dauernde und gleichmäßige Höhe erreicht.

Die Verschiebungen der Wassermassen gegeneinander erfolgen naturgemäß nicht in mathematischen Linien, es finden an den Grenzen überall Unterströmungen und Mischungsströmungen statt, die im einzelnen schwer zu ermitteln sind.

Die Frage, ob und wie weit die unterhalb der Stadt in den Fluß geleiteten Abwässer bei Flut zurückströmen, hat für Bremen eine ganz besondere Bedeutung, weil die zentrale Wasserversorgung am oberen Ende der Stadt ihr Wasser aus der Weser entnimmt.

Zur Klärung der Verhältnisse haben wir 175 m oberhalb der Schöpfstelle des Wasserwerks und 130 m oberhalb der Mündung des Freihafenbeckens II — d. h. etwa 0,2 km oberhalb der Ausflußstelle des linksweserischen Abwassers, — mit dem Woltmannflügel wiederholte Messungen vorgenommen. Wir haben ferner ein Jahr lang unmittelbar oberhalb des Wasserwerks und der Mündung des Freihafenbeckens I bei Ebbe und Flut wöchentlich einmal entnommene Wasserproben analysiert und haben ebenfalls ein Jahr lang Bakterienzählungen gemacht. Die Proben für die bakteriologischen Untersuchungen wurden an beiden Stellen an beiden Ufern und in der Mitte des Flusses entnommen und zwar sowohl 20 cm wie 120—150 cm unter der Oberfläche.

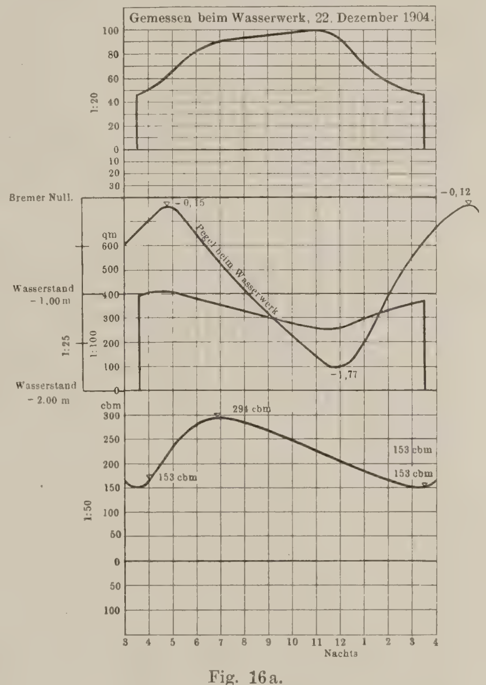


Fig. 16a.

Die am Wasserwerk vorgenommenen Messungen sind in Fig. 16 aufgezeichnet. Sie zeigen, daß bei einem Ebbepegelstand von 2,58 m unter Bremer Null —

Bremer Null ist = + 2,289 N. N. — und einer Flutdifferenz von 2 m das abfließende Wasser eine mittlere Geschwindigkeit von 50 cm in der Sekunde hat. Diese Geschwindigkeit ist vorhanden während 6 Stunden; während 3½ Stunden liegt sie zwischen 50 und 0 cm und während der übrigen 2½ Stunden findet eine Rückströmung statt, die aber höchstens eine Geschwindigkeit von 6 cm in der Sekunde erreicht.

Der Wasserquerschnitt ist naturgemäß am kleinsten in dem Augenblick der tiefsten Ebbe, d. h. zu der Zeit, wo die Geschwindigkeit abzunehmen beginnt, weil die Flut gerade einsetzt; er beträgt hier rund 200 qm. Zur Zeit des höchsten Flutstandes, wo das Wasser abzufließen anfängt, erreicht der Wasserquerschnitt 350 qm. Die durchlaufende Wassermenge ist etwa eine bis anderthalb Stunden nach einsetzender Ebbe am größten; hohe Geschwindigkeit und großer Wasserquerschnitt treffen um diese Zeit zusammen und bewirken eine Abflußmenge von 155 cbm in der Sekunde. Am Schluß der Ebbe beträgt sie immer noch 80 cbm in der Sekunde, erreicht etwa in der Mitte der Flut den Nullpunkt und während der letzten Hälfte derselben eine Rückströmungsmenge von 20 cbm.

Fast ebenso lagen die Verhältnisse an dem zweiten Beobachtungstage. Das Oberwasser stand hier um 28 cm höher, die auflaufende Flut war aber ebenfalls um 37 cm höher; die Flutdifferenz betrug 2,17 Meter. Die Ausschläge sind daher etwas schärfer. Die Rückströmungszeit dauert etwa eine Viertelstunde länger, sie erlangt eine Höchstgeschwindigkeit von 10 cm mit einer Wasserführung von 30 cbm in der Sekunde.

Ein ganz anderes Bild boten die Messungen am dritten Tage. Bei einem Ebbepegelstand von — 1,77, einem Flutpegelstand von — 0,18 bis — 0,12 m, bei einer Flutdifferenz also von 1,60 kam es am Wasserwerk nicht mehr zu einer Rückströmung. Die den Strom herabkommenden Wassermengen sind zu kräftig, sie werden von der Flut wohl etwas aufgehalten, aber ihre geringste Abflußgeschwindigkeit bleibt doch 40 cm. Die abfließende Wassermenge beträgt im Minimum 153, im Maximum 294 cbm in der Sekunde.

Die Messungen haben also ergeben, daß bei einer Flutdifferenz von 2,0 m und einem Ebbepegelstand von —2,30 noch eine wirkliche Rückströmung des Wassers am Wasserwerk stattfindet, daß dagegen bei einer Flutdifferenz von 1,60 m und einem Ebbepegelstand von — 1,80 dies nicht mehr der Fall ist.

Das an der Untersuchungsstelle rückwärts strömende Wasser gelangt nicht weit; selbst wenn man die höchste Geschwindigkeit von 10 cm als während der ganzen Rückströmungszeit vorhanden annehmen wollte, so würde die Strecke nur 1 km betragen; in Wirklichkeit ist sie natürlich geringer.

Bei der Untersuchungsstelle etwa 130 m oberhalb der Mündung des Hafenbeckens II, macht sich die Wirkung des auflaufenden Wassers stärker geltend. Vergl. Fig. 17.

Bei einer Flutdifferenz von 2,30 m und einem Pegelstand an der Eisenbahnbrücke von — 2,64 bezw. — 0,34 unter Bremer Null dauert die Rückströmungszeit

4 Stunden, ihre höchste Geschwindigkeit beträgt 25 cm, die größte Wasserführung 107 cbm in der Sekunde; die im Flusse vorhandene Wassermenge ist dauernd eine größere, sie hat einen Mindestquerschnitt von 250 qm. Die hier rückwärts fließenden Wassermengen würden einen Weg von 3,6 km zurücklegen, wenn die Widerstände von oben her ausgeschaltet wären.

Bei der zweiten Messung kam es bei einer Flutdifferenz von 1,80 m und einem Ebbepegel von — 2,14 schon nicht mehr zu einer Rückströmung, dagegen wurde ein zwei Stunden dauernder Stillstand des Wassers festgestellt. Es hat den Anschein, als ob mit dieser Flutdifferenz und diesem Pegelstande der mittlere Umschlagspunkt

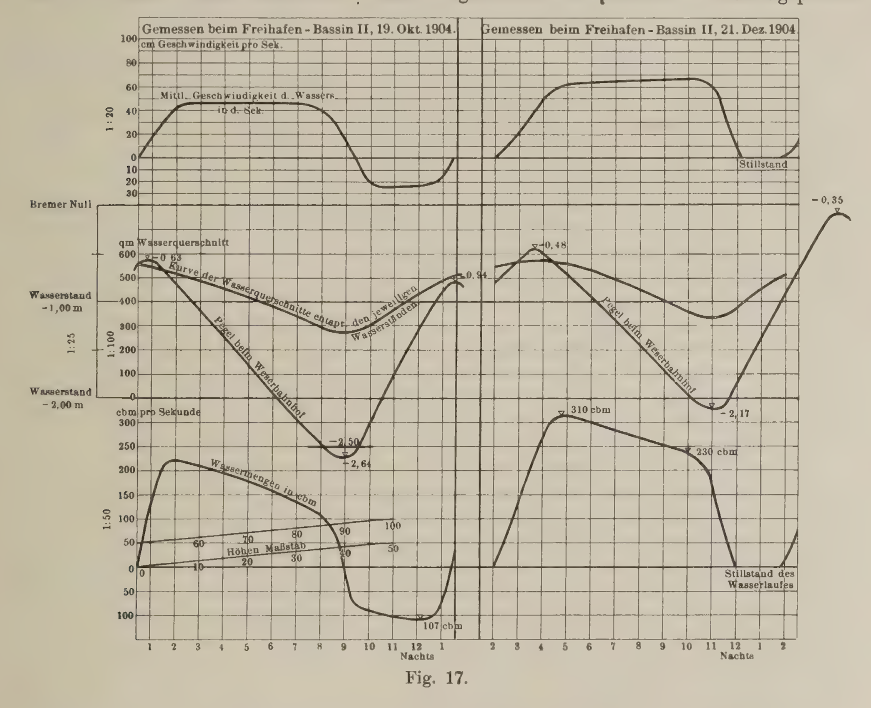


Fig. 17.

gefunden wäre, an welchem das abströmende und auflaufende Wasser annähernd im Gleichgewicht stehen.

Die letzten Feststellungen sind aber wegen der Einwirkungen der Hafenbecken nicht ganz einwandsfrei.

Die vorstehenden Untersuchungen durch die chemischen Analysen zu ergänzen, gelang uns nicht. Nennenswerte und konstante Unterschiede zwischen den Ebbe- und Flutproben unter sich und zwischen ihnen und den am Wasserwerk entnommenen fanden wir weder im Gehalt an Schwebestoffen, noch in den gelösten Stoffen. Auch beim Chlor war zwischen Ebbe und Flut ein Unterschied nicht vorhanden, die Süßwassergrenze liegt bedeutend weiter abwärts.

Für die vorliegende Frage der Verunreinigung des Weserwassers durch Abwässer sind die chemischen Methoden nicht mehr fein genug, wenn es sich um so weit gehende Verdünnungen handelt, wie es in der Weser der Fall ist. Außerordentlich wertvoll sind aber die gemachten Analysen für die Beurteilung der andern Frage, ob das von oben kommende Weserwasser in den letzten Jahren eine Veränderung in seiner Zusammensetzung erfahren hat und ob es eine solche infolge der sich im oberen Stromgebiet der Weser mächtig entwickelnden Erdöl- und Kaliindustrie erleiden wird. Bei einer andern Gelegenheit wird hierauf näher einzugehen sein.

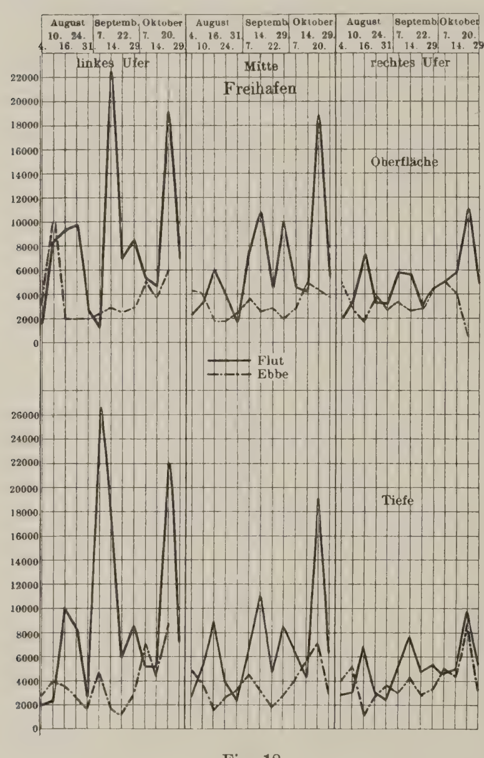


Fig. 18.

Besseren Einblick in die Strömungsverhältnisse ergeben die bakteriologischen Untersuchungen. Sie zeigen, daß in den Monaten mit niederen Wasserständen die Kanalwässer mit ihrem hohen Bakteriengehalt regelmäßig bei Flut von der Ausflußstelle über die Mündung des Hafenbeckens I (Entfernung rund 2 km) hinaus aufwärts zurückfließen. Dieser Rückstrom findet sowohl in der Tiefe, wie an der Oberfläche statt; die Kanalwässer waren am Freihafenbecken I schon über die ganze Breite des Stromes verteilt, wenngleich sie am rechten Ufer wesentlich verdünnter sind, als in der Mitte und am linken Ufer. In der Fig. 18 liegen die ausgezogenen Kurven, welche die bei Flut in einem ccm ermittelten Keimzahlen angeben, durchweg bedeutend höher als die punktierten Linien, welche die bei Ebbe gefundenen Zahlen darstellen. Am rechten Ufer sind die ausgezogenen und punktierten Linien näher zusammengerückt als in der Mitte und am linken Ufer, an welchem das Kanalwasser einläuft.

Daß die Mengen des auflaufenden Kanalwassers in weiten Grenzen schwanken, zeigen die steilen Gipfel in den ausgezogenen Kurven. So muß zum Beispiel am 20. Oktober viel Kanalwasser rückwärts geströmt sein, am linken Ufer fanden wir bei Flut die hohen Zahlen von 22000 und 19000 Keimen, in der Mitte 19000 und 18600 und am rechten Ufer 11000 und 9000. Der Ebbepegel betrug an diesem Tage — 2,56, der Flutpegel — 0,60, es bestand also eine Flutdifferenz von rund zwei Metern.

Zum Verleich zeigt Fig. 19 die Bakterienzahlen der an denselben Tagen am Wasserwerk entnommenen Wasserproben. Hier liegen im allgemeinen die punktierten, die Ebbelinien, höher; die beiden Ufer und die Mitte verhalten sich darin gleich.

Die Kurven zeigen, daß für gewöhnlich selbst in den Monaten mit niedrigem Oberwasser, wo häufig eine Rückströmung des Wassers über die Schöpfstelle des Wasserwerks hinaus stattfindet, Kanalkeime aus dem linksweserischen Siel nicht dorthin gelangen. Aber die hierdurch geschaffene Sicherheit ist nur eine relative. Man hat die Extreme nicht in der Hand. Ein zufälliges Zusammentreffen von sehr stark auflaufendem Wasser bei Springflut mit andauerndem Nordwestwind und niedrigem Oberwasser kann wesentlich ungünstigere Verhältnisse schaffen, als wir sie bei unseren Untersuchungen vorfanden. Daß auch ohne dieses gelegentlich bei ohnehin schon hohem Keimgehalt der Weser die Flut noch mehr Bakterien über die Schöpfstelle des Wasserwerks zurückdrängen kann, zeigen die Untersuchungsbefunde im November, vergl. Fig. 20. Am dritten Untersuchungstage, dem 29. November, zeigten die Flutuntersuchungen am Wasserwerk überall gleichmäßig höhere Keimzahlen als bei der korrespondierenden Ebbe, auch am Freihafen war dies in gleicher Weise der Fall. Fig. 21. Die Untersuchung am 15. September zeigt ähnliche, wenn auch nicht so ausgesprochene Bilder.

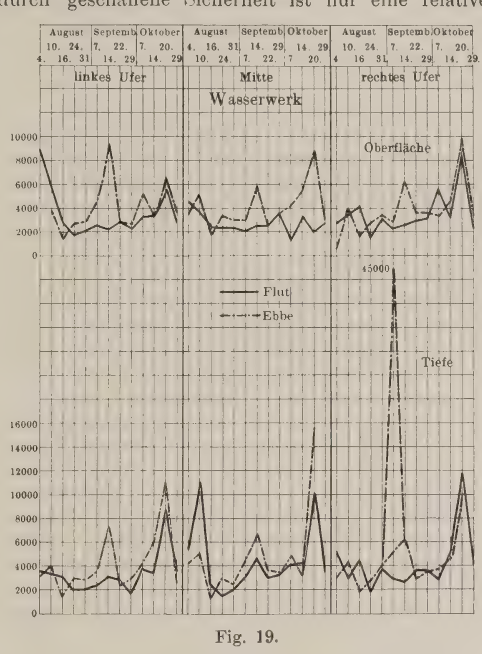


Fig. 19.

Es kann selbstverständlich nicht behauptet werden, daß die zur Flutzeit gesteigerten Keimzahlen aus dem linksweserischen Siel stammen, die Wahrscheinlichkeit spricht sogar dagegen. Aber jedenfalls zeigen die Zahlen, daß es zeitweise an der Schöpfstelle des Wasserwerks zu einer Anhäufung von Bakterien kommen kann, von denen wir annehmen müssen, daß sie schon innerhalb des dicht bebauten Stadtgebietes gewesen sind. Diese Verhältnisse sind um so unliebsamer, als sich nicht weit unterhalb des Wasserwerks an beiden Ufern Notauslässe befinden, welche gelegentlich Kanalwässer in nicht geringen Mengen der Weser zuführen.

Bei den Probeentnahmen wurden die Fahrten häufig bis zur Einlaufstelle des linksweserischen Sieles ausgedehnt. Gelegentlich ließen sich in der Nähe der Ein-

laufstelle unangenehme Gerüche feststellen, jedoch war dies nur in der Minderzahl der Beobachtungen der Fall, nur in mäßigem Grade und nur räumlich beschränkt. Zu ihrer Entstehung scheinen Ablagerungen von Schwebestoffen in der Lankenauer Bucht unterhalb der Einmündungsstelle des Siels die wesentlichste Veranlassung zu geben. Es bedarf jedoch noch näherer Untersuchung des Bodens des Flußbettes und der Lankenauer Bucht, um mit Sicherheit die Ursache angeben zu können.

Unsere Weseruntersuchungen haben also bis jetzt ergeben:

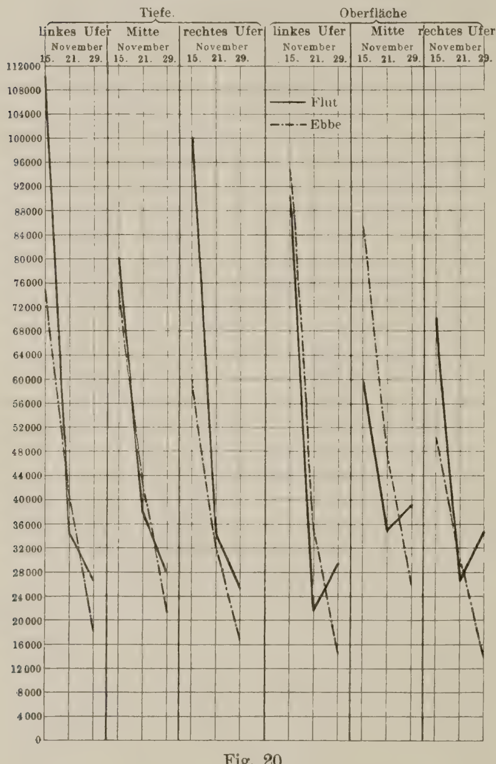


Fig. 20.

In der Nähe der Einmündungsstelle des linksweserischen Stammsieles sind leichte Geruchsbelästigungen von Zeit zu Zeit vorhanden.

Ein Teil der in dem linksweserischen Kanalinhalte enthaltenen Bakterien wurde monatelang bis über die Mündung des Hafenbeckens I hinaus stromaufwärts geführt.

An der Schöpfstelle des Wasserwerkes findet zeitweise eine Rückströmung des Wassers statt; es kommt dort gelegentlich zu einem Aufstau von Bakterien, welche schon innerhalb dichtbewohnter Stadtteile gewesen sind.

Die Untersuchungen müssen noch ergänzt werden. Wie schon angeführt, sind noch Bodenproben zu untersuchen; dann ist zu ermitteln, wie weit aufwärts die über die Mündung des Hafenbeckens I zurückgeführten Kanalkeime gelangen und wie weit sie die im Flusse befindlichen Badeanstalten beeinflussen. Auch die unterhalb des seitherigen Untersuchungsgebietes gelegene Flußstrecke ist nach der Richtung zu untersuchen, wie weit von einem gegebenen Punkte aus eventuell eingeleitete rechtsweserische Kanalwässer zurückströmen.

Ebenso bleibt es weiteren Erwägungen überlassen, wie weit die beabsichtigte Vertiefung der Unterweser die Verhältnisse ändern wird.

Abschnitt 7. **Versuche zur anderweitigen Reinigung des Abwassers.**

A. In verkürzten Absitzbecken.

Gelegentlich der Prüfung der Wirksamkeit der langen Absitzbecken wurden auch Untersuchungen darüber angestellt, wie schnell in dem Becken die wesentlichste Menge der Schwebestoffe zum Absitzen kommt. Es wurden zu dem Zwecke in dem 140 m langen Becken Nr. 1 nicht bloß am Einlauf und Auslauf, sondern auch in einer Entfernung von 80 m vom Einlauf Proben entnommen.

Die Gesamtabwassermenge betrug an dem Untersuchungstage rund 30000 cbm, durch das Versuchsbecken flossen 7000 cbm. Der Versuch begann Morgens um 8 Uhr, die Strömungsgeschwindigkeit stieg von 2 mm in der Sekunde bis Abends um 6 Uhr auf 14,5 mm und fiel dann absatzweise parallel mit den Wassermengen bis zum nächsten Morgen um 8 Uhr auf 1 mm.

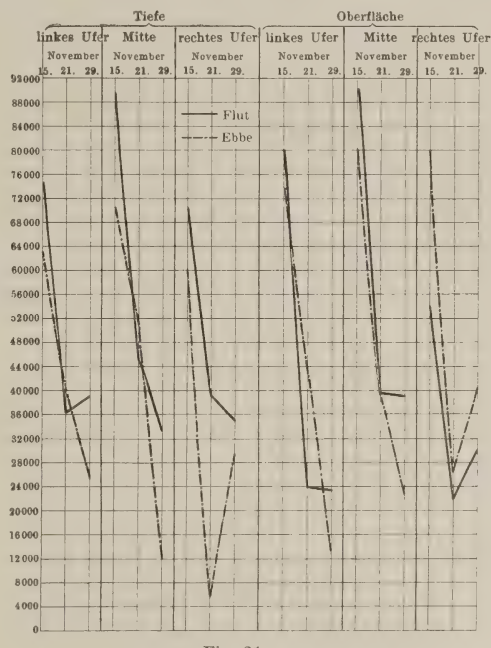


Fig. 21.

Zwischen Einlauf und Auslauf wurde ein Kläreffekt von 68 % erzielt und zwar bei Tage ein solcher von 70,7 %, bei Nacht von 64,2 %. Die außerordentlich geringe Strömungsgeschwindigkeit, die Nachts durchweg unter 5 mm lag, hatte also nicht vermocht, von den vorhandenen Stoffen während dieser Zeit einen so großen Anteil zu Boden zu bringen, wie es bei Tage geschehen war, wo die Strömungsgeschwindigkeit dauernd über 10 mm betrug. Bei Tage lag aber auch der Gehalt an Schwebestoffen zwischen 200 und 300 mg, bei Nacht ging er auf 50—100 mg herunter.

Zwischen Einlauf und Mitte betrug der Kläreffekt 63,7 %, also nur etwa 4 % weniger als zwischen Einlauf und Auslauf. Der Tageseffekt war 67,1 %, der Nachteffekt 58,9 %. Diese Zahlen zeigen, daß bei einer Beckenlänge von 80 m, die wesentlichste Arbeit des Beckens geschehen war und daß auf der ersten, 80 m langen, Strecke bei Tage, wenn das Abwasser die meisten Schwebestoffe enthält, zwei Drittel zu Boden gehen, trotzdem die Strömungsgeschwindigkeit andauernd über 10 mm in der Sekunde betrug.

Diese Beobachtungen und ähnliche in der Literatur niedergelegte veranlaßten uns, zwei verkürzte Becken einzurichten; sie erhielten eine Länge von 45,5 m (Becken I) und eine solche von 69,65 m (Becken II) bei einer mittleren nutzbaren Tiefe von 1,10 m. Die tiefste Stelle der Sohle legten wir an die Einlaufsseite; der Anstieg des Bodens beträgt 50 bezw. 40 cm. Die Stirnseiten der zwei Becken stoßen zusammen, zwischen ihnen liegt das Zuführungsrohr. Diese Einrichtung setzte uns in die Lage, beiden Becken Wasser von gleicher Beschaffenheit zuzuführen und so zutreffende Vergleiche zwischen ihnen zu ziehen.

Ein Vorversuch in Becken I ergab eine Absitzwirkung von 66,6 %, doch waren durch das Becken nur 2880 cbm Wasser mit einer maximalen Geschwindigkeit von 4 mm hindurchgeflossen.

Die Wirksamkeit beider Becken wurde im September 1905 in der üblichen Weise geprüft und zwar am zweiten und am achten Tage der Beckentätigkeit. Am ersten Versuchstage wurde Becken I mit 10000 cbm Abwasser beschickt, die Strömungsgeschwindigkeit schwankte zwischen 4,1 und 7,3 mm in der Sekunde. Die Möglichkeit, so große Wassermengen zu fördern, ohne mit der Geschwindigkeit über 8 mm hinauszugehen, wird durch den großen Wasserquerschnitt gegeben, der im Vergleich zu unsern langen Flachbecken rund das Doppelte beträgt; die letzteren haben, wie erwähnt, eine Füllungstiefe von 0,5 m, die ersteren von 1,1 m. Der Kläreffekt betrug 53,8 %.

Becken II erhielt an demselben Tage 9600 cbm; die Geschwindigkeit schwankte zwischen 2,8 und 7,2 mm; der Kläreffekt belief sich auf 50,1 %.

Am zweiten Versuchstage durchflossen Becken I 10800 cbm mit einer Geschwindigkeit von 4,6—7,1 mm; zur Sedimentation kamen 54,2 % der Schwebestoffe.

Becken II wurde mit 10000 cbm Abwasser beschickt mit Schwankungen in der Strömung von 3,0—7,8 mm. Zum Absitzen kamen 52,5 % der Schwebestoffe.

Die Versuchsergebnisse sind in mancher Hinsicht auffällig. Zunächst ist der Kläreffekt als ein mäßiger zu bezeichnen, wenn man erwägt, daß die höchste Geschwindigkeit nicht über 8 mm hinausging. In dem Flachbecken waren auf der ersten 80 m langen Strecke 63,7 % der Schwebestoffe zu Boden gegangen, obgleich die Geschwindigkeit bis zu 14,5 mm hinaufging; in dem 69,65 m langen Tiefbecken betrug der Kläreffekt nur 52,5 % bei einer maximalen Geschwindigkeit von 7,8 mm. Dann ist auffällig, daß kein Unterschied besteht zwischen der Wirksamkeit von Becken II mit 69,65 m Länge und Becken I mit nur 45,5 m; das letztere hat sogar noch ein wenig besser gearbeitet.

Wir wollen hier nicht in Erörterungen darüber eintreten, weshalb unsere Ergebnisse so wenig übereinstimmen mit denjenigen Steuernagels in Köln und auch von denjenigen, welche Bock in Hannover machte, bis zu einem gewissen Grade abweichen. Es wirken offenbar eine Reihe von Faktoren zusammen, deren Einzelwirkung zu ergründen ist, wenn man beurteilen will, ob für das Bremer Abwasser der Ersatz langer Flachbecken durch kurze Tiefbecken zweckmäßig ist. Weitere Versuche sollen hier Klarheit schaffen.

B. Reinigungsversuche mittels des biologischen Verfahrens.

Die diesbezüglichen Versuche wurden mit dem Neustädter Abwasser auf dem Areal der Hakenburger Pumpstation ausgeführt.

Bei der Wahl der einzuschlagenden Ausführungsform gingen wir von der Ansicht aus, daß der kontinuierliche Betrieb für die praktische Verwendung in größerem Maßstabe sich am besten eignet. Dementsprechend wurden die Versuchskörper lediglich für diese Betriebsart eingerichtet. Auch in der übrigen Ausführungsform paßten wir uns möglichst den ev. später zu erwartenden Verhältnissen an.

Das Wasser entstammt dem Sammelbassin der Pumpstation und stellt ein unverändertes städtisches Kanalwasser dar.

Bei unseren Versuchen lassen sich drei Perioden unterscheiden:

In die erste Periode entfallen die Versuche mit zwei aus einheitlichem Material hergestellten Körpern, jedoch mit verschiedenartiger Wasserverteilung. Die zweite Periode erstreckt sich auf die Prüfung eines Sprinklerkörpers, dessen beide vertikalen Hälften aus zweierlei Material aufgebaut waren. Die dritte Periode stellt eine Fortsetzung der Versuche der zweiten dar; zur Verwendung kam jedoch ein wesentlich höherer Körper.

1. Allgemeines über den Bau und den Betrieb der Versuchskörper.

a) Material zum Aufbau der Körper.

Als Material zum Aufbau der Oxydationskörper diente in der ersten Periode Hochofenschlacke, bezogen von der Georg-Marienhütte bei Hasbergen. Die Versuche mit diesem Material wurden bereits nach einem Monat eingestellt, da die Schlacke andauernd große Mengen Schwefel abgab.

Als Material für den Körper der zweiten Periode wählten wir in Ermangelung genügender Mengen von Kohlenschlacke Schlacke aus dem Hamburger Müllverbrennungsofen. Beide Materialienarten hatten ein ähnliches Aussehen, doch enthielt letztere mehr Kalk; es fehlten ihr dagegen die Schwefelverbindungen. Daneben wurden Versuche mit Ziegelsteinbrocken angestellt.

b) Bau der Körper.

Für die Versuche der ersten Periode stand uns ein Sprinklerkörper und ein Körper mit Rinnenverteilung zur Verfügung.

Der Sprinklerkörper hatte eine achteckig prismatische Form bei einer Höhe von 1 m und 5,5 m Durchmesser des eingeschriebenen Kreises. Er ruhte auf einem Beton-Fundament, das mit einem Gefälle von 5 cm versehen war. Die Schlacke hatte eine Korngröße von 8—10 cm (faustgroß), oben lag eine schwache Deckschicht von etwa eigroßem Material. Die ganze Masse wurde durch schmale Holzplanken mit Zwischenräumen zusammengehalten.

Der zweite Körper hatte eine rechteckige Form. Seine Länge betrug 7 m, die Breite 3 m und die Höhe 1,15 m. Die Ausführung war ähnlich wie bei dem Sprinklerkörper. Die untere etwa 1 m hohe Schicht bestand aus faustgroßen Stücken, dann

kam eine 10 cm starke Schicht aus etwa eigroßem Material und darüber lag eine 5 cm starke Schicht aus haselnußgroßen Stücken.

Der Sprinklerkörper der zweiten Periode wurde auf dem Fundament des inzwischen abgerissenen ersten Körpers errichtet. Er bestand aus zwei verschiedenen Materialien und zwar vertikal geteilt die eine Hälfte des Körpers aus Schlacke des Hamburger Müllverbrennungsofens, die andere aus Brocken von gewöhnlichen Ziegelsteinen.

Um die Abläufe beider Hälften getrennt auffangen zu können, war auf der Sohle des Körpers zwischen beiden Materialien eine etwa 15 cm hohe Steinwand errichtet. Auf dieser ruhte eine über die Oberfläche des Körpers ragende Holzwand. Die Dimensionen des Körpers waren im übrigen dieselben wie beim ersten Sprinkler.

Der in der dritten Periode aufgestellte Sprinklerkörper war in seiner Ausführung ähnlich wie der vorstehende. Die Höhe des Schlackenmaterials betrug jedoch 2 m, die Grundfläche rund 16 qm und der Inhalt 32 cbm.

c) Wasserzufuhr und Wasserverteilung.

Das den Sprinklerkörpern zugeführte Kanalwasser wurde zunächst in einen 2 m hohen und 1 m im Durchmesser haltenden Turm aus Betonröhren gepumpt. Das Wasser floß unten durch ein trichterförmiges Ansatzrohr in den Turm ein, stieg in demselben langsam in die Höhe und floß dann durch ein kurz unter der Oberfläche angebrachtes Rohr in den Sprinklerkessel. Um die Wasserzufuhr zum Sprinkler gleichmäßig zu halten, war eine Überlaufvorrichtung angebracht.

Die Einschaltung des Turmes hatte den Zweck, die groben Schwebestoffe des Abwassers teilweise zurückzuhalten und einen gleichmäßig ruhigen Zulauf des Wassers herzustellen; andererseits sollte die Möglichkeit gegeben sein, den Turm als Faulkammer zu verwenden.

Die Verteilung des Wassers auf die achteckigen Körper erfolgte durch andauerndes Besprengen mittels zwei sich durch die Reaktion des durchströmenden Wassers selbsttätig drehender Sprinklerarme, die von einem zentralen oben und unten in Kugellagern geführten, oben offenen Topfe ausgingen.

Bei dem rechteckigen Körper der ersten Periode versuchten wir das Wasser durch Rinnen zu verteilen. Es wurde in diesem Falle nicht durch den Turm geleitet, sondern direkt in die an der Längsseite des Körpers befindliche Zuleitungsrinne gepumpt, von welcher sich etwa 50 cm über der Oberfläche sieben winkelförmige Holzrinnen von 3 m Länge abzweigten. Das Wasser sollte in gleichmäßiger Stärke langsam über die Oberkante der Rinnen auf den Körper herabfließen und denselben auf der ganzen Oberfläche dauernd und gleichmäßig benetzen.

Dieses Ziel wurde nicht erreicht, da es sich als zu schwer erwies, die Holzrinnen im richtigen Gefälle zu erhalten. Die Schwebestoffe des Abwassers bewirkten außerdem bald eine Verstopfung bezw. Verschlammung der Rinnen, wodurch der dauernde und gleichmäßige Überlauf des Wassers behindert und eine ständige Wartung erforderlich wurde.

Um diesen Übelständen zu begegnen, wurden zunächst Rillen in die Oberkante

geschnitten und als dieses ebenfalls nichts half, die Rillen durch Blechnasen verlängert. Auch hiernach gestaltete sich der Ablauf des Wassers nicht wesentlich anders als vordem.

Dann ließen wir das Wasser auf schräg liegende Bretter auffallen, um eine weitere Zerstreuung zu Tropfen hervorzurufen. Dieser Effekt ist in einfacherer Weise durch Unterlegen von Klinkersteinen erreicht worden. Eine gleichmäßige und vollständige Verteilung des Wassers auf die Filteroberfläche kam indes auch dadurch nicht zustande. Die nächst der Zufuhrstelle liegende Schlackenschicht bekam zu viel Wasser, sie wurde überanstrengt, die übrigen Teile bekamen wenig oder gar keins. Infolgedessen trat sehr bald eine Verschlammung der meist in Anspruch genommenen Schichten ein, der auch durch häufiges Umharken der Oberfläche nicht zu steuern war. Dieser Zustand änderte sich auch dann nicht, als die obere Feinschicht abgenommen und durch eine 10 cm starke Schicht groben und eine 5 cm starke feineren Weserkieses ersetzt wurde. Die Verteilung des Wassers erfolgte in diesem Stadium nicht mehr durch Holzrinnen, sondern wir ließen das Wasser aus einem Rohr auf eine in der Mitte des Körpers aufgesetzte Eisenplatte aufschlagen, um so ein Verspritzen zu erreichen. Der größte Teil des Wassers versickerte jedoch zunächst an der Zufuhrstelle, allmählich erweiterte sich die Benetzungszone, in dem Maße als die Verschlammung der am meisten in Anspruch genommenen Stellen zunahm und bereits nach achttägigem Betriebe war die Verschlammung der Körperoberfläche derartig, daß der Versuch eingestellt werden mußte. Ein weiterer Versuch mit einem noch gröberen Kies zeitigte die gleichen Verhältnisse.

Infolge der ungünstigen Ergebnisse haben wir weitere Versuche nach dieser Richtung nicht unternommen und lediglich die Beschickung durch Sprinkler beibehalten.

Es ist anzunehmen, daß die Ergebnisse bessere gewesen wären, wenn eine teilweise Beseitigung des Schlammes vor der Beschickung der Körper stattgefunden hätte. Für den Großbetrieb scheinen uns jedoch grundsätzlich Sprengvorrichtungen eine bessere Verteilung des Abwassers zu gewährleisten als eine mittels Rinnen, selbst wenn man Stoddartrinnen wählt. Auch will es uns scheinen, daß bei dem kontinuierlichen Betriebe die Bedeckung der Körper mit einer Feinschicht der Luftzufuhr in die Körper nicht förderlich ist.

d) Wassermessung und Belastung der Körper.

Zur Ermittelung der durch die Versuchskörper geschickten Wassermengen wurden die vereinigten Abläufe zunächst durch eine Wasseruhr geleitet. Diese Art der Messung bereitete indes Schwierigkeiten, indem die feinsten Schwebestoffe des Abwassers sich bald in dem Mechanismus der Uhr festsetzten und hemmend auf den Gang der Meßflügel wirkten. Die Einschaltung eines mit Sieb versehenen Trichters beseitigte den Übelstand nicht. An Stelle der Wasseruhr verwendeten wir seit Januar 1905 einen Kippapparat mit Tourenzähler, der zufriedenstellend arbeitete.

Die während der ersten Serie durch die Körper geflossene Wassermenge betrug pro qm Oberfläche annähernd 1,1 bis 1,3 cbm.

In der zweiten Serie bekam der Sprinklerkörper pro qm Oberfläche ebenfalls etwa 1,26 cbm. Der Sprinklerkörper III erhielt in der Zeit bis zum 3. März 1905 im Mittel 1,78 cbm pro qm Oberfläche oder 28,5 cbm in 24 Stunden. Vom 3. März bis 1. Februar 1906 bekam derselbe nur noch 1,39 cbm pro qm Oberfläche oder 22,21 cbm täglich.

Bis 1. Februar 1906 sind durch den Körper insgesamt 6716 cbm Wasser gereinigt worden.

e) Arbeitsleistung der Körper.

Die Arbeitsleistung eines biologischen Körpers ergibt sich:

1. Aus der Verbesserung der äußeren Beschaffenheit des Abwassers in bezug auf Klarheit, Farbe, Geruch, sowie aus dem Verhalten des Wassers beim Aufbewahren (Fäulnisfähigkeit) und

2. aus den chemischen Veränderungen, welche das Abwasser in bezug auf seine organischen und anorganischen Stoffe erfahren hat.

Um einen einwandfreien Vergleich der Beschaffenheit des gereinigten Wassers gegenüber dem Rohwasser führen zu können, sind wir bei der Probeentnahme folgendermaßen verfahren:

Während 2 bis 3 Stunden wurde alle 10 Minuten gleichzeitig je eine Literprobe von dem Zulaufe und von dem Ablaufe des zu prüfenden Körpers entnommen. Die zusammengehörigen Proben von je einer Stunde wurden zusammengegossen und in dieser Stundendurchschnittsprobe die physikalische und chemische Beschaffenheit festgestellt. Die Untersuchung erstreckte sich auf Feststellung des Geruches, der Farbe, der Klarheit (Durchsichtigkeit), Bestimmung der Menge der organischen und anorganischen Schwebestoffe, der Oxydierbarkeit und endlich auf die Prüfung auf Anwesenheit von salpetriger und Salpetersäure.

Bei der III. Versuchsserie haben wir auch den Gehalt des Wassers an gesamtem Stickstoff, Ammoniak- und Albuminoid-Stickstoff ermittelt.

Derartige Serienuntersuchungen fanden während der I. Periode etwa jeden 2. Tag statt. In der zweiten Periode, soweit die Verhältnisse es gestatteten, alle 8 Tage und in der III. Periode jeden Monat.

Um die Untersuchung der Proben umgehend ausführen zu können, wurde an Ort und Stelle ein Filiallaboratorium eingerichtet.

Bei Wahl der anzuwendenden Analysenmethoden hielten wir uns im großen und ganzen an den Leitfaden für die chemische Untersuchung der Abwässer von Farnsteiner, Buttenberg und Korn.

Bei den Versuchen der ersten Serie ist zu berücksichtigen, daß es wegen der Kürze der Versuchszeit zu einem Einarbeiten der Körper nicht kam, da es sich, wie erwähnt, sehr bald herausstellte, daß das Schlackenmaterial für den vorliegenden Zweck nicht brauchbar war. Die Schlacke enthielt 4,25 % Schwefel, davon 1,3 % in Form von Schwefelcalcium. Das aus den Körpern abfließende Wasser war meist mehr oder weniger milchig getrübt (Schwefel) und roch stark nach Schwefelwasserstoff, namentlich beim Ansäuern.

Unter diesen Verhältnissen können nur die Werte für die Abnahme der Schwebestoffe ein annäherndes Bild von der Wirksamkeit des Körpers in der ersten Zeit des Betriebes geben. Bei dem Sprinklerkörper betrug der prozentuale Reinigungseffekt in bezug auf die Entfernung der suspendierten Stoffe am 2. Betriebstage 84 %, dieser Wert sank allmählich bis zum 12. Tage auf 14,5 % herab. Wegen Änderungen am Sprinkler mußte die Beschickung 3 Tage unterbleiben. Nach Wiederaufnahme derselben betrug der Reinigungseffekt 48,2 % und stieg bis zum 23 Tage langsam auf 60 % an. Zu dieser Zeit war bereits eine ziemliche Verschlammung des oberen Körpermaterials bemerkbar.

Der rechteckige Körper zeigte am 2. Betriebstage einen Reinigungseffekt von 65 %; am 7. Tage betrug derselbe nur noch 36 %. Nachdem die obere Schicht umgeharkt worden war, stieg dieser Wert auf 60 % an, ging aber bald wieder zurück und zeigte am 12. Betriebstage nur noch 19 %. Die obere Schlackenschicht wurde hierauf fast täglich umgeharkt, worauf der Reinigungseffekt auf 41 bis 60 % anstieg und am 23. Tage 74 % erreichte.

Die Versuche mit den in Frage stehenden Körpern sind nach einem Monat als aussichtslos eingestellt worden.

Wir haben diese Vorkommnisse mitgeteilt, um zu zeigen, wie vorsichtig man bei der Auswahl des Schlackenmaterials sein muß. Die Schwierigkeit bei der Beschaffung großer Mengen Materials, wie sie für die Reinigung der gesamten Abwässer einer großen Stadt erforderlich sind, steigt dadurch bedeutend.

Zweite Versuchsreihe.

Die Versuche der II. Periode begannen am 20. Mai 1904 und dauerten mit geringen Unterbrechungen bis zum 6. September. Während der Zeit von September bis Januar ruhte der Betrieb. Von Januar 1905 bis 3. März wurde der Körper wieder mit Kanalwasser beschickt.

Das Aussehen des aus den beiden Hälften des Versuchskörpers abfließenden Wassers war im Vergleich zu dem Rohwasser in beiden Fällen ein wesentlich besseres. Der in der ersten Zeit der Körpertätigkeit noch etwas fäkale Geruch verschwand mit der Zeit völlig und machte einem frischen erdigen Geruche Platz; nur wenn das zulaufende Wasser stark durch teerartige Stoffe verunreinigt war, trat dieser Geruch auch im Auslaufe, jedoch in schwächerem Maße auf.

Die reinigende Kraft des Körpers verlor sich jedoch verhältnismäßig rasch. In der Zeit von Januar bis März 1905 ließ das abfließende Wasser wieder einen deutlichen Fäkalgeruch erkennen und Hand in Hand damit ging eine allgemeine Verschlechterung desselben.

Die Durchsichtigkeit der Schlackenabflüsse lag in der Zeit bis zum 7. Juli zwischen 4,7 bis 9,0 cm, im Mittel 6,0 cm, bei den Ziegelsteinabflüssen zwischen 3,3 bis 8 cm, im Mittel 5,5 cm. Nachdem im Juli eine 15 cm starke Feinschicht aufgebracht worden war, stieg die Durchsichtigkeit bei den Schlackenabflüssen auf 11,5 bis 13 cm und bewegte sich in der Zeit vom 4. bis 11. August zwischen 8 und 9 cm.

Die Ziegelsteinabflüsse zeigten in dieser Periode zuerst 8 bis 9,5 cm, allmählich sank die Durchsichtigkeit bis zu 3,6 cm herab. Vergleicht man beide Abflüsse miteinander, so zeigt es sich, daß die Durchsichtigkeit der Schlackenabflüsse durchweg höher lag, als diejenige der Ziegelsteinabflüsse. Die bessere Beschaffenheit der Schlackenabflüsse konnte schon grobsinnlich wahrgenommen werden, insbesondere waren die Schlackenabflüsse nach dem Absetzen der Schwebestoffe klarer als die Ziegelsteinabflüsse.

Auch im Geruch der beiden Wässer waren Unterschiede zu bemerken. Anfangs rochen beide Ausläufe, wie bereits erwähnt, schwach fäkalisch. Nachdem sich der Körper aber eingearbeitet hatte, was etwa Mitte Juli der Fall war, verlor sich der fäkale Geruch bei den Schlackenabflüssen völlig, während den Ziegelsteinabflüssen noch längere Zeit ein deutlicher fäkalartiger Abwassergeruch anhaftete.

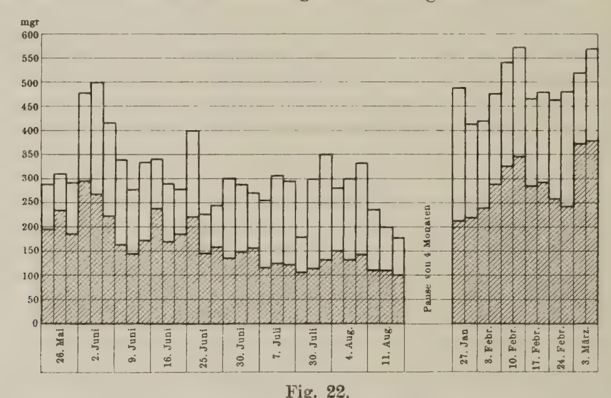


Fig. 22.
Oxydierbarkeit des Rohwassers und des Schlackenkörperausflusses (II. Periode).
ganze Säulen = Rohwasser, schraffiert = Schlackenkörperausfluß.

Ähnlich verhielt es sich mit der Fäulnisfähigkeit. So lange in den Abläufen der Fäkalgeruch vorherrschte, traten auch Fäulniserscheinungen beim Aufbewahren der Proben auf, war der Geruch nicht mehr fäkal, sondern frisch erdig, dann war auch bei längerem Stehenlassen (8 bis 14 Tage) keine Änderung des Geruches und des Aussehens wahrzunehmen.

Die Herabsetzung des Oxydierbarkeitsgrades war zu Beginn des Versuches gering. Siehe Fig. 22. Etwa 20 % bei den Ziegelsteinabflüssen und 31 % bei den Schlackenabflüssen. Allmählich stieg dieser Wert an und erreichte am 7. Juli bei dem Schlackenabfluß die Höhe von 59 %, bei dem Ziegelsteinabfluß 56 %. Von diesem Zeitpunkte ab machte sich wieder ein stetes Abnehmen bemerkbar. Am 11. August war der Reinigungseffekt bei der Schlacke 50 %, bei den Ziegelsteinen 43 % und nach Wiederaufnahme des Versuches im Januar 1905 betrug die Abnahme der Oxydierbarkeit bei der Schlacke 55 %, bei den Ziegelsteinen 49 %, am Ende des Versuches am 3. März nur noch 30 % bezw. 32 %.

Diese Verschlechterung dürfte in erster Linie auf Rechnung der Feinschicht zu setzen sein. Die bereits vor dem Aufbringen der Feinschicht vorhanden gewesene

Neigung des Körpers zum Verschlammen wurde durch die weitere Vermehrung des feineren Materials gefördert. In dem Maße als die Verschlammung des Körpers zunahm, sank der Reinigungseffekt, weil die Verschlammung den Luftzutritt zum Innern des Körpers immer mehr behinderte.

In bezug auf die Verarbeitung der Schwebestoffe verhielten sich beide Materialien ziemlich gleich und zwar arbeiteten beide wenig gut.

Der Körper ist zunächst imstande, die Schwebestoffe zurückzuhalten; bald kommt es jedoch zu einer Ansammlung von feinen Partikeln in den Poren und Hohlräumen des Körpers, welche zwar zuerst ziemlich fest haften, durch die eingeleiteten Zersetzungsvorgänge jedoch mit der Zeit gelockert und dann von dem herabrieselnden Wasser mit fortgespült werden. Welche Zufälligkeiten eine Vermehrung der Schwebestoffe im Auslaufe verursachen können, zeigt folgender Vorgang. Gelegentlich einer Probeentnahme wurde der Sprinkler für kurze Zeit angehalten. Einige Minuten später machte sich eine starke Zunahme der Schwebestoffe in den beiden Ausläufen geltend. Durch das Anhalten des Sprinklers war eine stärkere Beschickung einzelner Stellen eingetreten, wodurch eine stärkere Abspülung der Schlacken hervorgerufen wurde. Mit ähnlichen Störungen ist in der Praxis ebenfalls zu rechnen.

Die Beschaffenheit dieser Stoffe ist anderer Art, als die des Einlaufes. Sie sind meist grobflockig, ballen sich leicht zusammen, haben eine tiefschwarze Farbe und setzen sich rasch zu Boden. Die organischen Bestandteile in ihnen treten den anorganischen gegenüber in der Regel nicht zurück, auch ist die Fäulnisfähigkeit nicht völlig geschwunden. Bisweilen sind sie sogar noch stark fäulnisfähig, da gelegentlich noch völlig unzersetzte Stoffe mit weggespült werden.

In der prozentualen Abnahme der Schwebestoffe läßt sich eine Regelmäßigkeit nicht erkennen, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt.

Tabelle 4.

Prozentmäßige Abnahme der Schwebestoffe in dem Sprinklerkörper der zweiten Versuchsreihe.

	1905										1906					
	26. Mai	2. Juni	9. Juni	16. Juni	25. Juni	30. Juni	7. Juli	30. Juli	4. August	11. August	27. Januar	3. Februar	10. Februar	17. Februar	24. Februar	3. März
Ziegelsteinkörper	51,2	62,2	35,6	26,7	61,2	Zunahme	50,7	63,1	90,2	Zunahme	54,1	51,3	37,9	44,8	35,4	35,3
Schlackenkörper	69,1	73,1	1 Zunahme 2 Abnahme	49,4	71,9	Zunahme	50,9	57,4	84,7	58,9	62,6	48,2	58,2	40,9	Zunahme	23,3

Eine Oxydation der Stickstoffverbindungen zu salpetriger Säure und Salpetersäure fand in der ersten Zeit des Betriebes nicht statt. Vom 10. Juni an zeigte sich die erste Bildung von salpetriger Säure beim Schlackenauslaufe und vom 11. Juni auch

beim Ziegelsteinauslauf. In der Schlackenseite des Körpers hatte stets eine kräftigere Nitrifikation stattgefunden als in der Ziegelsteinseite. Während der Zeit von Januar bis März war die Nitrifikation geringer als vordem.

Dritte Versuchsreihe.

Die Versuche mit dem 3. Sprinklerkörper begannen im Januar 1905 und dauerten mit einer Unterbrechung von 30 Tagen bis jetzt (Anfang 1906). Der Körper unterscheidet sich von dem vorhergehenden nur durch seine nahezu doppelte Höhe und geringere Grundfläche. Im übrigen sind sämtliche Versuchsbedingungen dieselben.

Um einen weiteren Einblick in die Wirksamkeit des Oxydationsverfahrens zu bekommen, wurde hier die Untersuchung des Wassers auch auf die stickstoffhaltigen Stoffe ausgedehnt.

Die äußere Beschaffenheit der Abläufe war ähnlich derjenigen bei dem vorhergehenden Versuche.

Der anfangs schwach, aber deutlich fäkal-, manchmal auch kohlartige Geruch haftete den Abflüssen ziemlich lange an und verschwand erst vollständig in der Zeit, wo die Nitrifikation einsetzte (6. bis 8. April). Seitdem sind die Abflüsse meist frei von jedem Abwassergeruch und zeigen einen frischen Erdgeruch. Gelegentlich, wenn das Rohwasser stark nach Brauereiabwässern riecht, zeigen auch die Ausläufe eine schwache Andeutung davon. Auch bezüglich der Fäulnisfähigkeit der Abläufe liegen die Verhältnisse wie beim vorhergehenden Versuche. Anfänglich waren deutliche Fäulniserscheinungen wahrzunehmen, wenn man das Wasser stehen ließ, später jedoch, als der Körper sich eingearbeitet hatte, trat selbst nach 8 tägigem Stehen der Proben bei Laboratoriumstemperatur keine Änderung in dem Geruche und in dem Aussehen auf.

Der Reinigungseffekt der Körper in bezug auf die Schwebestoffe des Abwassers läßt dieselbe Unregelmäßigkeit erkennen wie bei den vorhergehenden Versuchen. In nebenstehender Tabelle sind die diesbezüglichen Werte zusammengestellt.

Tabelle 5.

Prozentmäßige Abnahme der Schwebestoffe in dem Sprinklerkörper der dritten Versuchsreihe.

	1905															1906
	27. Januar	3. Februar	10. Februar	17. Februar	24. Februar	3. März	17. März	30. März	14. April	6. Mai	10. August	27. Septbr.	1. November	28. November	18. Dezember	7. Februar
Ziegelsteinkörper	45,8	62,2	57,1	35,5	63,5	47,8	49,8	67,5	Zunahme	Zunahme	26,9	42,1	Zunahme	36,3	63,4	29,9
Schlackenkörper	64,1	78,7	63,8	48,4	53,8	45,6	51,7	45,1	Zunahme	8,8	46,2	63,6	Zunahme	30,2	70,1	73,0

Die suspendierten Stoffe der Ausläufe hatten denselben Charakter wie diejenigen der zweiten Versuchsreihe.

Die Oxydierbarkeitsabnahme war in der ersten Zeit verhältnismäßig gering (siehe Fig. 23): Schlacke 34 bis 57 %, Ziegelsteine 32 bis 50 %. Vom 14. April ab stieg sie rasch auf 66 bis 69 % und bewegt sich seit dieser Zeit in aufsteigender Linie. Gegenwärtig (Januar 1906) beträgt sie trotz der kalten Jahreszeit beim Schlackenkörper 83 %, beim Ziegelsteinkörper 79 %.

Von besonderem Interesse ist die Leistung des Körpers in bezug auf die Verarbeitung der Stickstoffverbindungen bezw. des Ammoniaks. Zu Beginn der Versuche war in den Ausläufen nur um ein Geringes weniger Stickstoff vorhanden, als in den Einläufen. Mit dem Anstieg der Oxydierbarkeitsabnahme zeigte sich eine zunehmende Verminderung des Stickstoffes in den Ausläufen. Am 14. April betrug die prozentuale Stickstoffabnahme 39 bis 43 %, am 18. Dezember 55 bis 56 %. Tatsächlich ist aber die Stickstoffverarbeitung des Körpers größer, da auch die suspendierten Stoffe stickstoffhaltig sind. Sehr energisch ist die Verarbeitung des Ammoniaks. Am 14. April betrug die Abnahme desselben nur 18 bis 27 %, am 28. November dagegen 89 bis 91 %, allerdings bei einem verhältnismäßig niederen Ammoniakgehalte in den Einläufen. Die Abnahme des Ammoniakgehaltes beruht der Hauptsache nach auf Oxydation zu salpetriger Säure und Salpetersäure, wie das Auftreten der genannten Säuren in den Ausläufen beweist. Auch der Gehalt an Albuminoidstickstoff war im Abfluß stets geringer als im Rohwasser.

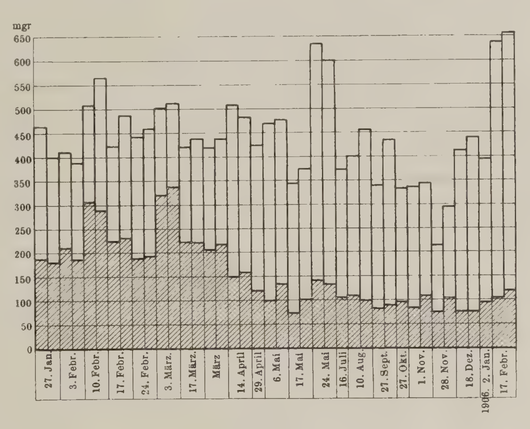


Fig. 23.
Oxydierbarkeit des Rohwassers und des Schlackenkörperabflusses (III. Periode)
ganze Säulen = Rohwasser, schraffiert = Schlackenkörperauslauf.

Die Ursachen des Stickstoffdefizits im einzelnen zu erklären, sind Untersuchungen eingeleitet.

Reguliertürme.

Die Einschaltung der Türme hatte, wie oben erwähnt wurde, den Zweck, die groben suspendierten Stoffe des Abwassers zurückzuhalten und einen gleichmäßigen und ruhigen Zufluß des Wassers zu den Reinigungskörpern herzustellen. Die beiden Türme waren in der Regel so lange in Betrieb, als der Auslauf aus ihnen eine Klärwirkung noch erkennen ließ, bezw. keine andauernde Vermehrung der suspendierten Stoffe im Sprinklerzulaufe auftrat. Dies war verhältnismäßig selten der Fall.

Turm I wurde während seines Betriebes nur dreimal gereinigt, Turm II, der von Januar 1905 ab in Betrieb sich befindet, ist bislang fünfmal gereinigt. Bei dieser Betriebsweise wirkten die Türme mehr oder weniger als Faulkammern. Das geht

auch daraus hervor, daß sich die für Faulkammern charakteristische Schlammdecke bildete und zeitweise starke Gasentwicklung eintrat. Für eine eigentliche Faulkammer waren indes die Türme viel zu klein. Trotzdem wirkten sie verhältnismäßig günstig. Bei Turm I schwankte die Abnahme der suspendierten Stoffe in der Zeit von Januar bis März 1905 zwischen 13 und 51 %, bei Turm II von Januar 1905 bis heute zwischen 18 und 56 %. Zuweilen kam es zu einer plötzlichen Vermehrung der suspendierten Stoffe, wenn durch starke Gasentwicklung der Schlamm am Boden aufgewühlt wurde.

100 cbm Abwasser gaben im Durchschnitt 5,6—5,8 Liter Schlamm mit einem Wassergehalt von etwa 90 %. Der Zusammensetzung nach bestand derselbe aus 60,58 % organischen und 39,4 % anorganischen Stoffen; er entspricht also hierin dem hiesigen Klärschlamm.

Der Einfluß des Turmes auf die Oxydierbarkeit war nur gering. Vereinzelt zeigte das ablaufende Wasser eine etwas höhere Oxydierbarkeit als der Zulauf.

Einfluß der Temperatur.

Der Einfluß, welchen die Jahreszeit auf die Tätigkeit eines biologischen Körpers ausübt, läßt sich am besten aus dem Versuche mit Körper III ersehen. Derselbe wurde im Winter 1904/05 in Betrieb gesetzt und es dauerte nahezu 2½ Monate, bis der Körper sich eingearbeitet hatte. Wahrscheinlich hat die Kälte ungünstig auf die Entwicklung der niederen Organismen eingewirkt. Mit dem Eintritt der wärmeren Jahreszeit begann der Körper eine energische Tätigkeit; die Nitrifikation setzte kräftig ein und die Oxydierbarkeitsabnahme stieg erheblich an. Der Geruch des Abwassers verbesserte sich, die Fäulnisfähigkeit verschwand und das allgemeine Aussehen des Wassers wurde ein günstigeres. Dieser Zustand hielt den ganzen Sommer über an und verlor sich auch nicht, als die Außentemperatur allmählich wieder sank. Die Leistung des Körpers hat z. Zt. nicht nur keine Verminderung, sondern eher eine Erhöhung erfahren. Die niederste Außentemperatur war bislang allerdings nur etwa — 6 ° C und nur von kurzer Dauer. Daß es auch bei anhaltendem Frostwetter schwerlich zu einem Einfrieren des Körpers kommen wird, ist bei der verhältnismäßig hohen Temperatur unseres Abwassers wahrscheinlich. Die Durchschnittstemperatur des Wassers im Hakenburger Sammelbehälter betrug im Sommer 25—30 ° C, im Winter 17—20 ° C. Die Ausläufe der Reinigungskörper hatten im Sommer eine mittlere Temperatur von 19—22 ° C. im Winter von 8—9 ° C. Wenn die Außentemperatur unter 0 sank, ging auch die Temperatur der Ausläufe weiter zurück bis auf + 4 ° C. Es bildeten sich wohl an den äußeren Teilen des Körpers Eiskrusten, zu einem Einfrieren kam es jedoch nicht.

Die Versuche, die bremischen Abwässer auf biologischem Wege zu reinigen, sind für uns recht lehrreich gewesen, vielfach allerdings in der Richtung, wie man es nicht machen soll. Wenn man auch die Fachliteratur noch so gut beherrscht und wenn man auch eine Anzahl ähnlicher Anlagen gesehen hat, so empfiehlt es sich doch in allen Fällen dem Beispiele der Engländer zu folgen und mit dem später zu reinigenden Abwasser selbst Versuche in kleinem Maßstabe, aber unter praktischen Verhältnissen anzustellen. Abgesehen von allem andern ist schon das Einarbeiten der später

verantwortlichen Beamten soviel wert, daß es die Versuchskosten lohnt; es werden dadurch bei der Einrichtung und beim Betriebe Summen gespart, die viel höher sind.

Wir haben den verwendeten Reinigungskörpern von vornherein größere Mengen Abwasser zugemutet, als es sonst üblich ist und für erlaubt angesehen wird. Ein Teil der mangelhaften Erfolge in der zweiten Versuchsserie ist ohne Frage auf diese Tatsache zurückzuführen; auch die Vorreinigung der Abwässer war eine ungenügende. Aber wir gingen absichtlich so vor, um zu ermitteln, unter wie ungünstigen Verhältnissen unser Abwasser noch eben hinreichend zu reinigen ist; die erforderlichen pekuniären Mindestaufwendungen hängen ja hiermit auf das Engste zusammen.

Die wesentlichsten Ergebnisse der Versuche lassen sich dahin zusammenfassen:

Das Bremische Abwasser bedarf trotz seines geringen Gehaltes an Schwebestoffen noch einer weitgehenden Befreiung von denselben, wenn es auf Tropfkörpern gereinigt werden soll. Als Material zu diesen Körpern ist Schlacke aus Müllverbrennungsöfen gut tauglich, wenngleich auch Ziegelsteinbrocken verwendet werden können; die Leistungsfähigkeit dieser ist aber eine etwas geringere, auch ist ihre Haltbarkeit nicht so groß. Die Verwendung von Hochofenschlacke erfordert Vorsicht. Tropfkörper von 2 m Höhe vertragen eine Beschickung bis zu 1,5 cbm auf den Quadratmeter Grundfläche. Die Bedeckung der Oberfläche mit einer Schicht feineren Materiales ist unzweckmäßig. Die Abflüsse aus den Körpern enthalten noch flockige Schwebestoffe, welche zwar wenig offensiv sind, aber beseitigt werden müssen, wenn der Vorfluter rein gehalten werden soll.

Abschnitt 8.

Vorschläge für die zukünftige Beseitigung der bremischen Abwässer.

In den vorhergehenden Erörterungen wurde darauf hingewiesen, daß die derzeitige Behandlung der bremischen Abwässer von allen Seiten als eine nur vorläufige betrachtet wird und daß sie Mißstände im Gefolge hat, deren Beseitigung wünschenswert ist.

Bei der Überlegung, in welcher Weise die Abwässer der Stadt entfernt werden können, ohne daß Mißstände auftreten, ist es das Gegebene, zunächst an die Weser als den natürlichen Vorfluter zu denken. Die Weser ist ein großer, viel Wasser führender Fluß und unterhalb Bremens liegt keine Ortschaft mehr, welche mit ihrer Wasserversorgung auf sie angewiesen ist. Eine Ableitung der Abwässer in den Fluß erscheint daher auf den ersten Blick als das Einfachste, aber diese anscheinende Einfachheit wird sofort sehr verwickelt durch den Umstand, daß die Weser bis über Bremen hinauf unter der Wirkung von Ebbe und Flut steht. Der Gedanke, große Mengen Abwässer, und es handelt sich in Bremen zurzeit schon um annähernd 60000 cbm täglich, in einen Wasserlauf zu leiten, der einen Teil seines Wassers bis in die Häfen der Stadt, an den innerhalb der Stadt gelegenen Flußbadeanstalten vorbei bis an und über die Schöpfstelle der zentralen Wasserversorgung zurückschickt, hat etwas Unsympathisches. Die Bemühungen, die Weser von den Abwässern frei zu

halten, sind daher gerechtfertigt, zumal die Wissenschaft und die Praxis zurzeit die Möglichkeit bieten, die Abwässer so weit zu reinigen, daß sie ihre unangenehmen Eigenschaften verloren haben und jedem kleinen Wasserlauf zugeführt werden können. Aber es darf hierbei das wirtschaftliche Moment nicht übersehen werden. Derartige weitgehende Reinigungen so großer Mengen Abwässer sind kostspielig. An das Budget unserer rasch sich entwickelnden Großstädte werden große Anforderungen gestellt, die bei Bremen infolge seiner besonderen Verhältnisse doppelt groß sind. Diesen Zuständen ist Rechnung zu tragen und so sehr man fordern muß, daß gerade wegen der raschen Entwicklung der Großstädte mit ihrer dichten Zusammenhäufung von Menschen alles für die Volksgesundheit Notwendige geschieht, so sehr muß man doch überlegen, wo gespart werden kann und wo das Notwendige mit relativ geringen Mitteln sich erreichen läßt, selbst wenn darüber das Wünschenswertere aber Kostspieligere zurücktreten muß.

Für die rechtsweserischen Stadtteile gibt es von diesem Gesichtspunkte aus zwei Möglichkeiten, die Abwässer zu beseitigen.

Projekt I.

Die erste läßt die Weser unberührt und benutzt die Wasserzüge des Blocklandes auch weiterhin als Vorfluter. Will man dies, so muß die Reinigung eine andere werden, als sie zurzeit ist. Die Abwässer müssen zunächst durch Faulbecken geschickt werden, die Faulbeckenabflüsse sind mittels Tropfkörper zu behandeln und die hier abfließenden Wässer sind einer Nachfiltration zu unterziehen. Die Einleitung der so gereinigten Abwässer in die kleine Wümme wird zu Mißständen nicht führen.

Es sind Faulbecken zu wählen und nicht Absitzbecken, weil in ersteren wegen der Beschaffenheit der bremischen Abwässer auf eine weitgehende Zerlegung des am Boden sich ansammelnden Schlammes zu rechnen ist. Man kann dabei die Becken vom Frühjahr bis zum Herbst im Betriebe behalten, ohne daß eine Reinigung sich erforderlich macht. Aber selbst wenn man den in den Becken angesammelten Schlamm häufiger entfernen will, so macht das keine besonderen Schwierigkeiten, da es sich um geringe Mengen handelt, da der Schlamm leicht trocknet, und unangenehme Eigenschaften, die zu Geruchsbelästigungen führen, kaum noch besitzt.

Die Größe der Faulbecken ist so zu bemessen, daß sie den täglichen Trockenwetterabfluß aufnehmen können. Die Becken sind damit in der Lage, selbst die doppelte Menge noch genügend zu verarbeiten. Überdeckte Becken zu wählen, ist nicht erforderlich.

Die zweite Phase der Bearbeitung geschieht zweckmäßig auf Tropfkörpern. Bei einer Höhe der Körper von 1,80 m kann der Quadratmeter Oberfläche täglich mit 1,25—1,5 cbm Abwasser beschickt werden. Das Material der Körper muß nicht unbedingt Schlacke sein, wenngleich diese nach den bis jetzt gemachten Erfahrungen das Beste ist. Es ist nur Sorge zu tragen, daß das Material genügend fest ist und nicht zu glatte Oberflächen hat. Die Verteilung des Abwassers über die Körper ge-

schieht am besten nach dem Muster von Salford und Birmingham mittels feststehender Spraydüsen.

Die Abflüsse der Tropfkörper werden geringe Mengen schwarzer, spezifisch schwerer und daher leicht entfernbarer Körperchen enthalten. Schickt man das Wasser noch über einfache Filterbetten von Sand und Kies, so entfernt man diese Partikel und erreicht eine solche Schönung des Abwassers, daß es vollkommen blank dem Vorfluter zufließt. Werden statt der Filter Absitzbecken oder Absitzbrunnen benutzt, so beseitigt man die schwarzen Stoffe ebenfalls, das abfließende Wasser wird jedoch nicht so blank wie das aus den Filtern stammende.

Das Endprodukt dieser Art der Abwasserreinigung ist frei von Schwebestoffen und nicht mehr fäulnisfähig. Es ist für die Fischzucht brauchbar und besitzt wegen seines hohen Gehaltes an Stickstoff in Form von salpetrigsauren und salpetersauren Verbindungen einen beträchtlichen Wert für die Landwirtschaft. Da es frei von Schwebestoffen ist, kann es auch zur Sommerberieselung benutzt werden.

Oben wurde erwähnt, daß die Faulbecken so zu bemessen seien, daß sie noch das Doppelte des Trockenwetterabflusses verarbeiten können. Wir halten diese Leistungsfähigkeit für hinreichend. Treten zu dem Trockenwetterabfluß solche Regenwassermengen, daß die Gesamtsumme mehr als das Doppelte beträgt, so handelt es sich um Ausnahmezustände, die selten und vorübergehend sind. Für diese Ausnahmezustände reguläre Einrichtungen zu treffen, liegt kein zwingender Grund vor. Unter solchen Verhältnissen muß man dem Vorfluter etwas mehr zumuten, und man kann es tun, weil es sich dann um Wässer handelt, die einen Teil ihrer unangenehmen Eigenschaften verloren haben.

Bei dem vorstehend in groben Zügen gezeichneten Projekt kann die jetzt bestehende Beseitigung der Abwässer im Winter beibehalten werden; eine große Verbilligung entsteht dadurch aber nicht, weil die Verzinsung und Amortisation der Anlagekosten einen beträchtlichen Teil der Gesamtkosten ausmachen werden.

Das Projekt sichert eine einwandsfreie Beseitigung der rechtsweserischen Abwässer unter Einschluß der Waller; es wird die derzeitigen Übelstände in der kleinen Wümme, im Maschinenfleet und in der großen Wümme beseitigen, aber es ist teuer.

Projekt II.

Eine weniger gute aber immer noch hinreichende und dabei voraussichtlich beträchtlich billigere Lösung der Aufgabe bietet das zweite Projekt.

Hierbei sind die Hemmgraben- und Waller Abwässer gemeinsam in einem geschlossenen Kanale eine Strecke weserabwärts zu führen, dann mittels Absitzbecken zu 60—70 % von ihren Schwebestoffen zu befreien und darauf der Weser zuzuleiten. Es fragt sich nun, wie werden sich dadurch die Verhältnisse in der Weser gestalten und wie beseitigt man den Schlamm, ohne daß er zu Belästigungen führt.

Der rechtsweserische Trockenwetterabfluß beträgt zurzeit täglich 36000 + 10000 = 46000 cbm Abwasser; ein beträchtlicher Teil davon besteht aus reinen Fabrikabwässern, von denen zu überlegen ist, ob man sie nicht direkt einem Vorfluter

zuleiten soll, um an Anlagekosten für die Reinigungsvorrichtungen und die Pumpen zu sparen. Geschieht dies, so wird das Abwasser dementsprechend konzentrierter, es sollen deshalb die in rund 50000 cbm Abwasser zur Zeit enthaltenen Schwebestoffe und gelösten Stoffe den folgenden Überlegungen zugrunde gelegt werden.

Die 50000 cbm Abwasser enthalten bei einem hochgerechneten Jahresdurchschitt von 300 mg im Liter 15000 kg. Trockensubstanz an Schwebestoffen, die in Form von Schlamm bei einem Wassergehalt von 90 % 150 cbm Schlamm darstellen. Von diesem Schlamm werden rund $^2/_3$ in den Absitzbecken zurückgehalten; ein Drittel gelangt mit dem abfließenden Wasser während 24 Stunden in die Weser.

Der Abfluß ist jedoch nicht gleichmäßig. Während der Zeit von Morgens 9 Uhr bis Nachts 12 Uhr betragen die Abflußmengen stündlich etwa das Doppelte als während der übrigen Stunden.

Der Einfachheit halber sei die Zeit von 9 Uhr Morgens bis 12 Uhr Nachts bei den weiteren Erörterungen als Tageszeit, die übrige als Nachtzeit bezeichnet.

Während der Tageszeit wird bei 50000 cbm Gesamtabwasser der stündliche Zufluß zur Weser 2500 cbm betragen, diese enthalten höchstens 250 kg Schwebestoffe in Form von Trockensubstanz oder 2,5 cbm in Form von 90 % Wasser enthaltenden Schlamm. Der Schlamm ist also von vornherein schon in tausendfacher Verdünnung vorhanden. Dazu kommt die Verdünnung durch das Weserwasser.

Die Weser führt selbst bei einem Pegelstande von — 2,60 bei tiefster Ebbe oberhalb der Stadt noch 80 Sekunden-cbm Wasser, d. h. in der Stunde 288000 cbm. Die zufließende Abwassermenge wird dadurch weiter auf das 115fache verdünnt. Unterhalb der Stadt ist an den Stellen, die für die Einleitung der Abwässer in Frage kommen, die Wasserführung übrigens eine noch beträchtlichere.

Der Ebbestrom nimmt hier von einer Tide etwa 8 Stunden in Anspruch, die übrigen vier Stunden fließt das Wasser mit verminderter Geschwindigkeit rückwärts oder kommt auf kürzere Zeit zum Stillstand. Während dieser Zeit wächst aber der Wasserquerschnitt und damit der Verdünnungskoeffizient. So stieg bei unseren Messungen am Freihafen der Wasserquerschnitt bei einem Pegelstande von — 2,60 m von 340 auf 560 qm, bei einem Pegelstande von — 2,10 von 340 auf 580 qm. Bringt also die herabgesetzte Wasserbewegung die Gefahr der geringeren Verdünnung des Abwassers mit sich, so arbeitet dem die größere zur Verfügung stehende Wassermenge wieder entgegen. Dazu kommt, daß die in dem Abwasser nach dem Absitzen verbleibenden Schwebestoffe, wie oben im Abschnitt 5 nachgewiesen wurde, spezifisch so leicht sind, daß in einem Zeitraume von 4 Stunden erwähnenswerte Mengen nicht zu Boden sinken, selbst wenn das Wasser vollständig ruhig steht und die Wasserhöhe nur einen Meter beträgt. In der Weser handelt es sich aber zur Flutzeit um eine Wasserhöhe von mindestens fünf Metern und ein Stillstand von vier Stunden ist ausgeschlossen.

Die Gefahr der Schlammbildung in dem Flußbette selbst besteht nach diesen Darstellungen unseres Erachtens nicht.

Auch die Befürchtung, daß sich an den Ufern Schlamm ablagert, der zu Geruchsbelästigungen Veranlassung gibt, braucht man nicht zu hegen, wenn die Ausflußstelle des Abwassers richtig gelegt wird. Vermieden werden muß, daß die Aus-

flußstelle in der Nähe von Buchten mit totem Wasser liegt. Führt man das Abwasser dem Flusse in der Mitte zu und an einer Stelle, wo die Ufer etwa 1 km oberhalb und unterhalb einigermaßen glatt sind, so wird bei der Beschaffenheit der Schwebestoffe und bei der weitgehenden Verdünnung die Verunreinigung der Ufer mit Schlamm vermieden.

Die in dem Abwasser enthaltenen gelösten Stoffe werden in der Weser nicht bemerkbar sein.

Wir geben im folgenden eine Gegenüberstellung derjenigen Mengen an Trockenrückstand aus den gelösten Stoffen, an sog. Glühverlust als Repräsentanten des organischen Anteils des Trockenrückstandes und an Chlor, welche die Weser bei einer Wasserführung von 80 Sek.-cbm in den Monaten Juli bis Oktober stündlich selbst besitzt, und derjenigen Mengen der gleichen Stoffe, welche in der stündlichen Abwassermenge von 2500 cbm ihr zugeführt werden:

	Weserwasser	Abwasser
Trockenrückstand	450—500 mg im Liter	850 mg im Liter
gesamt	130000—144000 kg	2200 kg — das Mehr beträgt $^1/_{60}$.
Glühverlust	80 mg im Liter	200 mg im Liter
gesamt	23000 kg	500 kg — das Mehr beträgt $^1/_{46}$.
Chlor	100 mg im Liter	200 mg im Liter
gesamt	28800 kg	500 kg — das Mehr beträgt $^1/_{56}$.

Es läßt sich gegen diese Rechnung der Einwand machen, daß die in dem Glühverlust steckenden organischen Stoffe anderer und zwar bösartigerer Natur seien im Abwasser als in dem Weserwasser, daß die qualitative Verschlechterung des Weserwassers daher eine größere sei, als sie in der quantitativen Vermehrung um $^1/_{46}$ des Glühverlustes zum Ausdruck komme. Dieser Einwand wird gestützt durch die Tatsache, daß die Oxydierbarkeit im Weserwasser nur 25 mg Kaliumpermanganat beträgt, im Tagesabfluß des Abwassers dagegen 250, daß also der Verschlechterungskoeffizient nach diesem Maßstabe ein 10facher ist, während beim Glühverlust nur ein $2^1/_2$ facher (80 zu 200 mg) zum Ausdruck kommt. Benutzt man daher die Menge der oxydablen Substanz als Grundlage, so beträgt das Mehr $^1/_{13}$ der bereits vorhandenen Menge.

Es fragt sich nun, ob damit die Möglichkeit gegeben ist, daß durch die mit dem Abwasser zugeführten gelösten Substanzen Fäulniserscheinungen auftreten. Diese Frage ist zu verneinen.

Die im Abwasser zugeführten oxydablen gelösten Stoffe bedürfen im Liter 250 mg Kaliumpermanganat, welche rund 60 mg Sauerstoff entsprechen; die ganze stündlich zugeführte Abwassermenge, 2500 cbm, hat daher 150 kg Sauerstoff nötig. Da 1 ccm Sauerstoff 1,43 mg wiegt, so sind die 150 kg räumlich ausgedrückt 105 cbm.

Bei unsern Analysen fanden wir das Weserwasser immer annähernd gesättigt mit Sauerstoff, selbst in den Sommermonaten war bei einer Temperatur von 18 ^{0} C ein Gehalt von rund 6 ccm im Liter vorhanden. In der stündlichen Wassermenge von 80 Sek.-cbm sind im Weserwasser also selbst bei dieser relativ hohen Wasser-

temperatur rund 1730 cbm freier Sauerstoff vorhanden. Die oxydablen gelösten Substanzen des Abwassers bedürfen, wie oben gezeigt wurde, nur 105 cbm. Das Weserwasser stellt ein gewaltiges Sauerstoffreservoir dar, das nicht allein in der Lage ist, an die fäulnisfähigen. sauerstoffbegierigen gelösten und ungelösten Abwasserstoffe die erforderlichen Mengen von Sauerstoff abzugeben und damit das Auftreten von Fäulnis zu verhindern, sondern das auch noch die Möglichkeit bietet, eine bereits teilweise eingetretene Fäulnis des Abwassers zu unterdrücken und üble Gerüche desselben verschwinden zu lassen. Dabei findet an der Oberfläche des Wassers ein steter Ersatz des etwa verbrauchten Sauerstoffs aus der Luft statt.

Selbst wenn die Ablagerung von Schlamm vermieden wird und die Gefahr des Auftretens von Fäulnis seitens der gelösten Stoffe nicht besteht, so läßt sich als weiterer Einwand gegen die Einleitung der Abwässer in den Fluß geltend machen, daß mit den Abwässern dem Flusse Krankheitskeime zugeführt werden. Es ist zuzugeben, daß dies geschieht. In welchen Mengen es jedoch stattfindet, darüber fehlen uns alle Anhaltspunkte. In Frage kommen die Erreger der Cholera, des Typhus und wohl auch der Ruhr, dazu noch als seltenere Gäste die Veranlasser akuter Darmkatarrhe, wie bac. enteritidis und verwandte. Aber die Gefahr ist nicht so groß, wie es auf den ersten Anblick scheint. Bei Cholera und bei Epidemien von Typhus und Ruhr wird die Bevölkerung sich ohne weiteres hüten, ungereinigtes Weserwasser zu genießen. In gewöhnlichen Zeiten bemüht sich die Behörde nicht minder als bei Epidemien, jeden Fall von Typhus und Ruhr zu ihrer Kenntnis zu bekommen und eine Desinfektion der Krankheitserreger enthaltenden Abgänge der Kranken in der Wohnung zu erzielen. In manchen Fällen wird das erreicht, in andern jedoch nicht. Das Bestreben der Gesundheitsbehörde geht dahin, möglichst viel die an Typhus und Ruhr Erkrankten dem Krankenhause zuzuführen, ein Bestreben, das namentlich dort, wo in der Wohnung des Erkrankten unhygienische Verhältnisse vorlagen, in den letzten Jahren nicht ohne Erfolg gewesen ist.

Man darf also die Gefahr, welche in der Zuführung der Abwässer liegt, nicht überschätzen, man muß sich aber noch mehr hüten zu glauben, daß die Weser unterhalb Bremens überhaupt ein zum Trinken geeignetes Wasser führt. Seit der Korrektion ist die Unterweser eine außerordentlich viel befahrene Wasserstraße geworden. Die sich stetig vergrößernden Häfen Bremens legen Zeugnis dafür ab. Wenn man nun in den Häfen auch alles Mögliche tut, die Verunreinigung des Wassers mit Fäkalien zu verhüten, so läßt sich das auf dem Strome nicht erreichen. Hier ist und bleibt vorläufig das Wasser noch der Rezipient, der alles aufzunehmen hat. Die durch den Schiffsverkehr stattfindende unvermeidliche Verunreinigung ist aber besonders gefährlich, weil hier die Krankheitskeime noch dicht beisammen sind und in vielen Fällen durch schleimige Umhüllungen und ähnliches eine Zeitlang beisammen gehalten werden. Mit steigender Konzentration wächst aber für den Einzelnen, der die Krankheitserreger aufnimmt, die Gefahr des Erkrankens.

Das Wasser der Unterweser hat seine Fähigkeit bereits verloren, als Trinkwasser zu dienen, das Wasser der Weser oberhalb Bremens wird es voraussichtlich von Jahr zu Jahr in steigendem Maße verlieren. Der Mittellandkanal und die bessere Schiffbar-

machung der Oberweser werden diese nicht nur zu einer häufig befahrenen Straße umgestalten, sondern es wird sich auch Industrie und mit der Industrie eine stärkere Bevölkerung an den Ufern ansiedeln. Die Kanalisierung der unteren Mainstrecke zeigt das in treffender Weise. Im mittleren Stromgebiet der Weser kommen noch die aufblühenden Erdöl- und Kaliindustrien dazu, die auf die Weser und ihre Nebenflüsse als Vorfluter angewiesen sind.

In Voraussicht des Kommenden ist Bremen deshalb beschäftigt, mittels systematischer Bohrungen die Frage zu prüfen, ob es seine Oberflächen-Wasserversorgung durch eine solche mit Grundwasser ergänzen bezw. ersetzen kann.

Nach all dem darf man an die Reinhaltung der Weser keine allzuhohen Anforderungen stellen, auch ohne die Zuführung der rechtsweserischen Abwässer wird sie mehr und mehr die Fähigkeit einbüßen, für Trinkwasserzwecke zu dienen.

Eine Schädigung der Landwirtschaft und der Fischzucht wird durch die Einleitung der Abwässer nicht erfolgen. Man hat früher vor Einleitung der linksweserischen Abwässer das Bedenken geäußert, daß die Gräben der linksweserischen Ländereien, welche gelegentlich mit Weserwasser gefüllt werden und dem Weidevieh zur Tränke dienen, hierzu ungeeignet würden, daß ferner die in dem Wasser enthaltenen Krankheitskeime Erkrankungen der Tiere veranlassen könnten. Die Befürchtungen haben sich nicht bestätigt, die Verdünnung des Abwassers ist eine zu große. Für Cholera, Typhus und Ruhr ist außerdem das Vieh nicht empfänglich, es käme höchstens noch Milzbrand in Frage; bei dieser Krankheit wird aber seitens der städtischen Gesundheitsbehörde sehr scharf acht gegeben, daß eine sorgfältige und umfassende Desinfektion erfolgt. Außerdem hat die Beseitigung der Tierkadaver durch die Errichtung einer thermischen Vernichtungsanstalt in jüngster Zeit eine Regelung erfahren, die den weitgehendsten Ansprüchen genügt.

Etwaige Schädigungen der Fischzucht scheinen näher zu liegen als die der Landwirtschaft. Hat es sich doch in der großen Wümme gezeigt, daß dort gelegentlich Fische an Lufthunger oder auch an Schwefelwasserstoffeinwirkung zugrunde gehen. Aber die große Wümme ist der Weser gegenüber ein kleiner Vorfluter und sie bekommt Abwasser, das sich in vorgeschrittener Fäulnis befindet. Das letztere ist das gefährliche Moment. Frische Abwässer haben nicht die offensiven Eigenschaften wie faule. Aus diesem Grunde haben wir oben für Projekt II im Gegensatz zu Projekt I Absitzbecken und nicht Faulbecken vorgeschlagen. Frische Abwässer schädigen, wenn sie nicht zu konzentriert sind und ihrer Menge nach nicht in zu ungünstigem Verhältnis zum Vorfluter stehen, die Fischzucht nicht. Im Gegenteil, die in ihnen enthaltenen Schwebestoffe bieten ein gern genommenes Futter für die verschiedensten Arten niederer Lebewesen und diese wieder für die Fische, welche ihrerseits auch direkt einen Teil der Schwebestoffe zu sich nehmen. Das haben die biologischen Untersuchungen in Hamburg gezeigt, wo die gesamten Abwässer zwar von den ganz groben Schwimm- und Sinkstoffen befreit werden, im übrigen aber vollkommen ungereinigt in die Elbe gehen. Auch in Bremen hat die Einleitung der ungereinigten linksweserischen Abwässer zu Fischsterben keine Veranlassung gegeben.

Ob eine Änderung der Fauna in der Richtung erfolgt, daß edle Fischarten verschwinden und minder edle an ihre Stelle treten, vermögen wir nicht zu beurteilen; man muß sich hüten, gelegentliche Beobachtungen aus anderen und vor allem kleineren Flüssen, die dazu vielfach noch recht zweifelhafter Natur sind, einfach zu übertragen.

Eines muß aber geschehen, wenn eine Schädigung der Fischzucht vermieden werden soll; es ist Sorge zu tragen, daß gifthaltige industrielle Abwässer in größeren Mengen in das städtische Kanalnetz nicht hineingelangen. Da derartige Industrien konzessionspflichtig sind, so läßt sich das erreichen; es fragt sich nur, ob man sie durch Vorschriften über besondere Beseitigung ihrer Abwässer nicht so schwer belastet, daß sie die Existenzmöglichkeit verlieren. Wir werden auf diesen Gegenstand bei der Besprechung der Beseitigung der linksweserischen Abwässer noch zurückkommen.

Zum Schlusse ist noch zu prüfen, ob und wie weit die Möglichkeit, im Flusse zu baden, in Zukunft beschränkt wird.

Wir schicken voraus, daß wir es im Interesse der Volksgesundheit für sehr wünschenswert halten, daß weiten Kreisen der Bevölkerung bequeme Gelegenheit gegeben wird, Flußbäder zu nehmen.

Im Abschnitt 6 wurde darauf hingewiesen, daß ein Teil der von den linksweserischen Abwässern herstammenden Kanalkeime in den Sommermonaten bei niedrigem Oberwasser regelmäßig bis über die Mündung des alten Freihafens d. h. 2 km zurückgeführt werden und daß ihre Verteilung dort bereits über den ganzen Flußquerschnitt erfolgt ist, wenngleich am linken Ufer und in der Mitte des Flusses die Zahl der Keime eine höhere war als an der rechten Seite. Wir haben es für weitere Untersuchungen vorbehalten, festzustellen, in welchem Maße die oberhalb der Freihafenmündung im Flusse belegenen Badeanstalten noch beeinflußt werden.

Der Ausflußstelle des linksweserischen Siels gegenüber liegt die Mündung des neuen Freihafens. Die etwa 2 km lange Strecke zwischen den Mündungen des alten und des neuen Freihafens ist zurzeit für die Anlage von Flußbadeanstalten nicht zu benutzen. Das rechte Ufer des Verkehrs wegen nicht und weil das in den Bassins der Häfen verunreinigte Wasser hier hin- und hergeschoben wird, das linke Ufer nicht, weil das Wasser hier unter direkter Einwirkung der ungereinigten linksweserischen Kanalwässer steht. Dieselben Verhältnisse treffen für eine etwa 2 km lange Strecke unterhalb der Mündung des Siels bezw. des neuen Freihafens zu.

Ungefähr noch 3 km weiter abwärts hat man sich die Mündungsstelle für die rechtsweserischen Abwässer zu denken. Diese 3 km lange Strecke wird, wie die früheren Untersuchungen Kurths dargetan haben, in den Sommermonaten regelmäßig einen Rückstau von Kanalwasser erhalten, das von Kilometer zu Kilometer aufwärts mehr verdünnt sein wird. Am oberen Ende dieser Strecke wäre diese Verdünnung hochgradig genug, um den Fluß zum Baden zu benutzen, wenn hier nicht gerade die von oben her kommende Verunreinigung einsetzte. Diese Verhältnisse treffen für das rechte wie für das linke Ufer gleichmäßig zu.

Unterhalb der Einmündungsstelle des rechtsweserischen Siels wird etwa 3 km weit das Baden ebenfalls besser unterlassen; in Vegesack ist jedoch ein Einfluß der Kanalwässer nicht mehr zu befürchten.

Die in den letzten Ausführungen erörterten Verhältnisse treffen nur zu, so lange die linksweserischen Kanalwässer an ihrer jetzigen Stelle ebenfalls der Weser zufließen. Wie weit sich die Sache zum Besseren ändert, wenn das nicht der Fall ist, wird später auseinandergesetzt.

Den Berechnungen über die Fähigkeit der Weser, die rechtsweserischen gereinigten Abwässer aufzunehmen und zu verarbeiten, ohne daß Mißstände entstehen, ist ein 24stündiger Zufluß von 50000 cbm zugrunde gelegt. Es ist überall so sehr zuungunsten gerechnet und die Ergebnisse sind dabei trotzdem für die Lösung der dem Flusse zugemuteten Aufgabe so günstige, daß man anstandslos dieselbe Leistungsfähigkeit als auch der doppelten Abwassermenge gegenüber bestehend annehmen kann.

Wir tragen kein Bedenken auf Grund unserer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse den Fluß als genügenden Vorfluter für die doppelte Einwohnerzahl zu erklären, wenn die Schwebestoffe zu 60—70 % vorher entfernt werden und neue große Industrien mit besonders schlechten Abwässern diese nicht ohne Vorbehandlung in das Kanalnetz leiten.

Die Ausführbarkeit des Planes, die rechtsweserischen Abwässer in die Weser zu leiten, ist jedoch nicht bloß abhängig von der Aufnahmefähigkeit dieses Flusses. Es muß auch die Möglichkeit vorliegen, den in den Absitzbecken entstehenden Schlamm zu beseitigen, ohne daß er zu Belästigungen führt.

Die Gründe, weshalb wir für Projekt II Absitzbecken und nicht Faulbecken vorschlagen, sind oben schon erwähnt.

Den Schlamm in der Nähe der Reinigungsanlage zu lagern, bis er lufttrocken und stichfest geworden ist, geht nicht an. Er würde hier zu Geruchsbelästigungen führen, die vermieden werden müssen. Die Absitzbecken selbst geben bei richtigem Betriebe zu solchen keine Veranlassung.

Man wird daher den Schlamm nach irgend einer Richtung hin technisch verwerten müssen oder ihn vermittels einer Druckrohrleitung auf abgelegene Ländereien zu pumpen haben, für die er eine wertvolle Zugabe darstellen kann.

Da der Schlamm einen hohen Gehalt an Fettstoffen besitzt, so kann man daran denken, ihn nach dieser Richtung hin auszunutzen. Zu erwägen ist auch, inwieweit er unter Zusatz von Torf preßfähig wird, und dann mittels Vergasung zur Erzeugung von Kraft benutzt werden kann. Die erleichterte Transportfähigkeit nach der Pressung ist ebenfalls bei der Frage der Verwendung des Schlammes zu prüfen.

Wir können hier diese Möglichkeiten nur andeuten, sie bedürfen noch einer besonderen Untersuchung, für die eine Anzahl von Unterlagen bereits vorhanden sind, die aber der Gegenstand der nächsten Arbeiten sein werden.

Faßt man das über die Einleitung der rechtsweserischen Abwässer in die Weser Ausgeführte zusammen, so ergibt sich, daß das Projekt nicht

ganz ohne Einwendung ist. Diese Einwände sind jedoch nicht schwerwiegend genug, den Plan fallen zu lassen, wenn die nähere Bearbeitung ergibt, daß es wirtschaftlich wesentlich vorteilhafter ist, die teilweise gereinigten Abwässer in die Weser zu leiten als die vollständig gereinigten in die kleine Wümme.

Die Einleitung der linksweserischen Abwässer in die Weser führt gelegentlich zu Geruchsbelästigungen; Kanalkeime werden von der Sielöffnung aus zeitweise bis in die Stadt hinein zurückgeführt. Diese Übelstände sind zugegeben, aber sie erscheinen uns nicht so schwerwiegend, daß auf alle Fälle die Einleitung der Abwässer eine Änderung erfahren muß. Wünschenswert ist eine solche Änderung allerdings und zwar einmal, um die angeführten Übelstände zu beseitigen und den Fluß so rein wie möglich zu halten, andererseits aber aus zwei weiteren, oben schon angedeuteten Gründen.

Bei der Besprechung des Projektes II für die Beseitigung der rechtsweserischen Abwässer wurde ausgeführt, daß die Weser von der Mündung des alten Freihafens an auf eine Strecke von 4 km abwärts für Badezwecke nicht brauchbar ist, im wesentlichen, weil die linksweserischen Abwässer diese Flußstrecke verunreinigen. Unterhalb dieser 4 km folgt eine weitere Strecke von 6 km, die in Zukunft eventuell unter Einwirkung der rechtsweserischen Abwässer stehen wird. Das Bedürfnis, für die weserabwärts gelegenen Stadtteile die Möglichkeit zum Baden im Flusse zu schaffen, ist aber vorhanden. Diese Möglichkeit wird gegeben, wenn die Abwassereinleitung links aufhört. Es wird dann eine 4 km lange günstig gelegene Badestrecke am linken Ufer frei. Auch die oberhalb der Freihafenmündung gelegene Flußstrecke wird für die genannten Zwecke geeigneter werden, da die Verunreinigungsgrenze sicher weiter oberhalb liegt als bis jetzt festgelegt ist. Oben wurde bereits darauf hingewiesen, daß die vorliegenden Untersuchungen hier noch zu ergänzen seien.

Zu diesen Erwägungen kommt folgendes. Die Entwickelung des linksweserischen Stadtteiles wird voraussichtlich im wesentlichen in industrieller Richtung liegen. Die Einleitung größerer Mengen spezifischer Industrieabwässer, d. h. solcher, die aus der Fabrikation selbst hervorgehen und nicht Hilfsabwässer wie Kondenswässer usw. darstellen, in die Weser hat etwas sehr mißliches. Die abzuführenden Industrieprodukte brauchen nicht direkt giftiger Natur zu sein, sie können auch ohne dies durch ihre physikalische Beschaffenheit zu weitgehenden Belästigungen führen, wenn sie in den Flußlauf gelangen. So wollen wir nur auf farbstoffhaltige Abwässer hinweisen, ferner auf ölhaltige, auf solche aus der Textilindustrie, auf viel Eiweißstoffe enthaltende und andere.

Den Fabrikanten die Beschränkung aufzuerlegen, solche Abwässer erst lokal zu reinigen, bevor sie in das Kanalnetz gelangen, hält schwer. Die Reinigung ist vielfach technisch nicht leicht und häufig recht kostspielig. Die englischen Städte haben deshalb auch meistens von derartigen einschränkenden Bestimmungen abgesehen.

Will man die industrielle Entwickelung fördern, so muß eine Abwasserbeseitigung gewählt werden, die auch Industrieprodukte mit verarbeiten kann. Für den

linksweserischen Stadtteil bietet sich diese Möglichkeit in der Anlage von Rieselfeldern.

Greift man auf dieses schon vielfach von den bremischen Behörden erwogene Projekt zurück, so kann man je nach Lage der Verhältnisse an Ort und Stelle die einfache Rieselei wählen ohne Vorreinigung der Abwässer, oder man kann das Abwasser erst durch Absitzenlassen von seinen Schwebestoffen zum Teil befreien und dann verrieseln. Im ersteren Falle wird man die Größe des Rieselgutes so zu bemessen haben, daß auf 250—300 Einwohner des zu entwässernden Gebietes 1 ha berieselbare Fläche kommt. Im letzteren Falle kann man mit einem Drittel bis einem Viertel dieser Fläche auskommen. Die Verwertung des bei der letzten Art des Verfahrens entstehenden Schlammes macht auf dem Rieselgute bei der für Bremen in Frage kommenden Bodenart — Heide und Sand — keine Schwierigkeit.

Eine teilweise Reinigung der linksweserischen Abwässer könnte man auch in der Art vornehmen, wie sie im Projekt II für die rechtsweserischen vorgesehen ist. Aber am linken Ufer macht die Schlammbeseitigung größere Schwierigkeiten, weil die Menge nicht so groß ist, um eine technische Verarbeitung zu lohnen und andererseits groß genug, um beim Lagern zu Belästigungen zu führen. Auch würden die Schwierigkeiten, welche in bezug auf das Baden und in bezug auf die Industrieabwässer bestehen, bei Belassung der jetzigen Ausflußstelle damit nicht gehoben werden. Selbst bei Verlegung der Ausflußstelle weserabwärts bleiben die durch die Einleitung der Industrieabwässer zu erwartenden Mißstände bestehen.

Die biologische Reinigung der linksweserischen Abwässer bietet keine Schwierigkeit, wie unsere mehrjährigen im Abschnitt 7 erörterten Versuche ergeben haben. Die Frage ist nur, welche pekuniären Aufwendungen sie erfordert im Vergleich zu den andern Reinigungsarten.

Fassen wir das über die Beseitigung der linksweserischen Abwässer Gesagte zusammen, so ist es aus manchen Gründen wünschenswert, die Weser von ihnen frei zu halten. Die Möglichkeit hierzu bietet in erster Linie die Anlage von Rieselfeldern.

In den Ausführungen des letzten Kapitels haben wir rechtsweserisch die Einleitung der Abwässer in die Weser vorgeschlagen, während wir linksweserisch ein Aufhören der bereits bestehenden Einleitung für wünschenswert halten. Es liegt darin ein scheinbarer Widerspruch, der aber aufhört ein solcher zu sein, wenn man in Rechnung zieht, daß Bremen sich am rechten Weserufer in einer Zwangslage befindet, die links nicht besteht. Rechts der Weser können Rieselfelder wegen der Bodenbeschaffenheit nicht angelegt werden. Die nur teilweise gereinigten Abwässer zu verarbeiten, sind die kleinen Vorfluter — kleine Wümme, Maschinenfleet, große Wümme — nicht in der Lage. Man muß daher entweder eine vollkommene, aber sehr kostspielige Reinigung der Abwässer anwenden oder den von der Natur gebotenen großen Vorfluter, die Weser, zu Hilfe nehmen. Letztere vermag die von ihren Schwebestoffen zum größten Teile befreiten rechtsweserischen Abwässer aufzunehmen, ohne daß Mißstände entstehen. Wenn man auch mit uns die Reinhaltung der Weser als in jeder

Weise anzustreben hält, so muß hier doch dem wirtschaftlichen Moment das größere Gewicht beigelegt werden.

Die Reinhaltung der Weser von den linksseitigen Abwässern läßt sich ermöglichen, weil in einer Entfernung von rund 10 km zur Rieselei geeignetes Land vorhanden ist. Werden von seiten der Beteiligten der Einrichtung eines Rieselgutes nicht zu große Schwierigkeiten in den Weg gelegt, so sollte man unseres Erachtens die Mehrkosten für die Rieselei aufwenden. Sind die Schwierigkeiten aber zu große und erweisen sich die Mehrkosten bei näherer Berechnung als zu hohe, so wird voraussichtlich nichts anderes übrig bleiben, als nach wie vor die linksseitigen Abwässer der Weser zuzuführen oder mit großen Kosten eine biologische Reinigung einzurichten.

Sammlung von Gutachten über Flußverunreinigung.

(Fortsetzung.)

XIX. Gutachten des Reichsgesundheitsrates, betreffend die Reinigung der Kanalisationswässer der Stadt Bad Harzburg in einer nach dem biologischen Verfahren eingerichteten Kläranlage und die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Radau.

Berichterstatter: Geheimer Medizinalrat Professor **Dr. Loeffler.**
Mitberichterstatter: Direktor im Kaiserlichen Gesundheitsamt
Geheimer Regierungsrat **Dr. Kerp.**

I. Vorgeschichte.

Die Stadt Harzburg hat mit Rücksicht darauf, daß bei dem starken Fremdenverkehr in den Sommermonaten der jetzige Zustand der Abführung der Hausabwässer in hygienischer Beziehung bedenklich und auf die Dauer nicht haltbar ist, beschlossen, die sämtlichen Hausabwässer in unterirdischen Kanälen zu sammeln, in einer Kläranlage nach dem biologischen Verfahren zu reinigen und die gereinigten Abwässer in die Radau abzuführen. Dem auf Grund dieses Beschlusses von der Stadt Bad Harzburg gestellten Antrag auf Erteilung der erforderlichen Erlaubnis zur Einführung der gereinigten Abwässer in die Radau wurde von der zuständigen Polizeibehörde, der Herzoglichen Kreis-Direktion Wolfenbüttel, nach Maßgabe der gesetzlichen Bestimmungen die Genehmigung erteilt.

Gegen die Erteilung der beantragten Erlaubnis ist jedoch von verschiedenen Seiten Widerspruch erhoben worden, und zwar von dem Königlich Preußischen Regierungs-Präsidenten in Hildesheim, der Gemeinde Vienenburg und dem Königlich Preußischen Landrat in Goslar. Der Königlich Preußische Regierungs-Präsident hat den Einspruch deshalb erhoben, weil die Radau durch die Einleitung der gereinigten Abwässer verunreinigt werde, und infolgedessen die Interessen der Domäne Vienenburg hinsichtlich der Fischteiche und der aus diesen Teichen gespeisten Wasserleitungen beeinträchtigt würden. Die Fischteiche und die gelegentlich auch Wirtschaftszwecken dienenden Wasserleitungen erhalten nach Angabe des Regierungs-Präsidenten ihr Wasser zum Teil aus dem unterhalb der projektierten Einmündung der Abwässer von der Radau abzweigenden Mühlengraben. — Der Königlich Preußische Landrat in Goslar erhob Einspruch im Interesse des Kreises Goslar insofern, als durch die Anlage eine Verschlechterung in der Beschaffenheit des Radauwassers eintreten könne. Er betonte

ferner, daß, da die Anlage für eine Einwohnerzahl bis zu 10 000 berechnet sei, Maßnahmen zu treffen seien, daß die Anlage auch fernerhin ordnungsmäßig funktioniere, wenn diese Einwohnerzahl erreicht und überschritten werde, und hielt schließlich eine dauernde vom Stadtmagistrat Bad Harzburg unabhängige Kontrolle über die Beschaffenheit der Abwässer für unbedingt erforderlich. — Der Vertreter der Gemeinde Vienenburg wies seinerseits darauf hin, daß das Wasser der Radau in Vienenburg zum Waschen, Kochen und Viehtränken benutzt werde. Die Gemeinde Vienenburg müsse befürchten, daß diese bisherige Benutzung nach Einführung der Kanalabwässer nicht mehr möglich sei, und daß dadurch für die auf das Radauwasser angewiesenen Bewohner Vienenburgs erhebliche Unzuträglichkeiten herbeigeführt werden würden. Diese Befürchtungen erschienen um so gerechtfertigter, als das biologische Verfahren neu sei und sich in der Praxis in größerem Umfange nur vereinzelt bewährt habe. Auch er legte großes Gewicht auf Anordnung einer sachgemäßen dauernden Kontrolle und hielt es für notwendig, zur Vermeidung der erfahrungsgemäß im Übergangsstadium eintretenden Mißstände, vorzuschreiben, daß die Anlage erst nach vollständiger Fertigstellung in Benutzung genommen werden dürfte. Der Vertreter Vienenburgs hob noch besonders hervor, daß auch bei ordnungsmäßiger Reinigung des Wassers, sobald demselben auch nur noch ein geringfügiger schlechter Geruch anhafte, das Vieh sich erfahrungsgemäß von derartigem Wasser fern halte. — Der Vertreter des Stadtmagistrats Braunschweig erklärte, daß bei einer etwa eintretenden Epidemie das vorgesehene Reinigungsverfahren sich voraussichtlich nicht als ausreichend erweisen würde, und beantragte, daß für solchen Fall noch eine besondere chemische Reinigung vorgeschrieben werden müßte. — Der Vertreter der Gemeinde Schlewecke sprach die Befürchtung aus, daß bei etwa sich zeigenden Verunreinigungen die Gemeinde Schlewecke dafür mit verantwortlich gemacht werden könnte, da das Wasser in einem offenen Kanal ablaufe, in den auch die Drainröhren anderer Grundstücke einmündeten. Er verlangte deshalb die Abführung der gereinigten Abwässer in Röhren. Er äußerte ferner die Besorgnis, daß der Aufenthalt in den der Kläranlage nahe liegenden Häusern Schleweckes durch die der Anlage entströmenden Gase und üblen Gerüche nicht unerheblich werde beeinträchtigt werden, und war deshalb in Übereinstimmung mit anderen Vertretern Schleweckes der Ansicht, daß ein günstigerer Platz weiter entfernt von menschlichen Wohnungen auf Halingeröder Feldmark sich für die Kläranlage würde finden lassen. Mehrere der projektierten Kläranlage anliegende Besitzer Schleweckes befürchteten, daß durch die üblen Gerüche der Anlage ihre Grundstücke dauernd im Wert herabgesetzt und auch der Gefahr einer Versumpfung ausgesetzt werden könnten. — Der Vertreter der Mathildenhütte, der Besitzer des Gutes Radau und der Leiter der Radaubrauerei besorgten gleichfalls eine Schädigung ihrer Anlagen, insbesondere der Arbeiterwohnungen durch üble Gerüche. In einem von dem Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Beckurts unter dem 29. Februar 1904 erstatteten Gutachten empfahl derselbe, der Stadt Harzburg das erbetene Wassernutzungsrecht zu erteilen unter folgenden Bedingungen:

1. Die biologische Abwässer-Reinigungsanlage mit kontinuierlichem Betriebe ist nach den eingereichten Plänen unter Oberaufsicht eines Spezial-Sachverständigen, als

welcher der Professor Dunbar in Hamburg anerkannt wird, herzustellen. Eine Bedeckung der Oxydationskörper oder eines Teiles derselben im Winter ist vorzusehen.

2. Die Anlage darf nicht eher in Betrieb genommen werden, als bis sie vollständig fertig gestellt und seitens der Behörde als betriebsfähig anerkannt ist.

3. Das in der Anlage gereinigte Wasser darf der Radau zugeführt werden. Abwässer oder Spülwässer, welche die Reinigungsanlage nicht passiert haben, dürfen in die Radau nicht abgeführt werden.

4. Die Anlage ist entsprechend zu vergrößern, wenn die Einwohnerzahl Bad Harzburgs sich für längere Zeit über 10 000 erhebt.

5. Für eine Beseitigung des sich ablagernden Schlammes ist Sorge zu tragen.

6. Die Reinigungsanlage unterliegt der Beaufsichtigung der Landes-Polizeibehörde, welche in vierwöchentlichen Zwischenräumen das gereinigte Abwasser und ebenso das Wasser der Radau Untersuchungen unterwerfen läßt, deren Kosten die Stadt Bad Harzburg zu tragen hat.

Auf eine Anfrage bei der Königlichen Regierung in Hildesheim erwiderte diese, daß sie gegen die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Radau nichts einzuwenden habe, wenn erstens der Bau und der Betrieb der Kläranlage unter den von Herrn Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Beckurts im Gutachten vom 29. Februar 1904 gestellten Bedingungen erfolge, und zweitens die Einmündung des Grabens für die ablaufenden geklärten Abwässer in die Radau an einer Stelle vorgesehen werde, die unterhalb der Abzweigung des Mühlengrabens nach der Domäne Vienenburg liege.

Die 2. Bedingung wurde gestellt, „weil der Mühlengraben die Domäne und einen Teil des Oberdorfes nicht bloß mit dem Wirtschaftswasser, sondern auch mit dem Trinkwasser versorge, und es nicht ausgeschlossen sei, daß unter gewissen Umständen auch zeitweilig ungereinigte Kanalwässer die Kläranlage verließen. In solchen Fällen sei aber der Genuß des Wassers aus dem Mühlengraben, der bei kleiner Wasserführung der Radau fast die ganze Wassermenge des Flusses aufnähme, mit erhöhten Gefahren für die Gesundheit der auf die Wasserleitung angewiesenen Bewohner verbunden“.

Dieser Forderung gegenüber wurde seitens der Stadt Harzburg betont, daß durch den Bau und Betrieb der Kanalisation das Wasser der Radau ganz wesentlich gebessert werde, denn jetzt flössen ihr die Abwässer von Harzburg zum großen Teil ungeklärt zu. Die Erfüllung der von Geheimrat Beckurts gestellten Bedingungen biete im übrigen hinlängliche Gewähr dafür, daß der Radau stets nur geklärtes Kanalwasser zugeführt würde. Gleichwohl aber beharrte die Königliche Regierung in Hildesheim auf ihrer Forderung, daß die ablaufenden geklärten Abwässer an einer unterhalb der Abzweigung des Mühlengrabens nach der Domäne Vienenburg liegenden Stelle abgeleitet werden müßten, weil der Mühlengraben die Domäne Vienenburg nicht nur mit Wirtschafts- sondern auch mit Trinkwasser versorge.

Daraufhin erklärte unter dem 15. September 1904 der Stadtmagistrat von Bad Harzburg sich damit einverstanden, daß die von der Kläranlage kommenden Abwässer hinter der Abzweigung des zu der Domäne Vienenburg führenden Mühlengrabens in die Radau geleitet würden. Danach zog die Königliche Regierung in Hildesheim

unter dem 31. Oktober 1904 ihren Einspruch gegen die Errichtung einer Kläranlage für die Kanalabwässer aus der Stadt Harzburg und gegen die Einleitung der gereinigten Abwässer in die Radau als erledigt zurück. Dahingegen hielt der Königliche Landrat des Kreises Goslar auf einen Bericht des Gemeindevorstehers in Vienenburg, dem er sich anschloß, seinen Widerspruch aufrecht. In diesem Bericht wurde ausgeführt, daß besondere Wasserquellen für das Spülen der gesamten Kanalisations-Anlage nicht bekannt seien, und daß deshalb anzunehmen sei, daß das dazu nötige Wasser der Radau oder aber Wasserquellen, welche mit der Radau in irgend einer Verbindung ständen, entnommen werden müßte. Sei dies der Fall, so werde der oberen Radau zeitweise so viel Wasser entzogen werden, daß der Mühlengraben nur geringe Wassermengen nach Vienenburg führen könne. Diese geringe Menge Wasser werde durch die Industrie-Abwässer, welche jetzt schon eingeleitet werden dürften, in weit höherem Maße gesättigt werden, als es bereits der Fall sei. Damit würden sich die beklagten Übelstände noch vergrößern und die Klagen über die Verunreinigung der Radau, welche gerade in letzterer Zeit in bedenklichem Maße sich gemehrt hätten, immer lauter werden. Andererseits werde durch den verminderten Zufluß zu dem Mühlengraben der Mühle in Vienenburg ein Teil der Wasserbetriebskraft genommen und der Mühle wesentlicher Schaden zugefügt werden. Ständen zum Spülen der Kanalisations-Anlage Quellen mit genügendem Wasser zur Verfügung, welche außerhalb des Quellengebietes der Radau lägen, so daß der oberen Radau kein Wasser entzogen werden könne, so würde durch die Einleitung der Abwässer unterhalb des Mühlengrabes allerdings für die Königliche Domäne und einige größere landwirtschaftliche Betriebe ein Teil der im Termin vom 19. November 1903 geäußerten Bedenken in Fortfall kommen, niemals aber für die Anlieger der Radau im unteren Ortsteile, welche zumeist aus kleinen Leuten beständen; denn diesen führte die wilde Radau um so mehr von den Abwässern Harzburgs durchsetztes Flußwasser zu. Daraufhin fand am 25. November 1904 eine erneute mündliche Verhandlung der Herzoglichen Kreis-Direktion Wolfenbüttel mit dem Landrat von Goslar und dem Gemeindevorsteher der Gemeinde Vienenburg statt. Der Herzogliche Kreis-Direktor führte aus: Der Einspruch der Gemeinde Vienenburg stütze sich auf zwei Punkte: erstens auf die Erwägung, daß zum Spülen der Anlage Radauwasser verwendet, also noch mehr Wasser wie bisher der Radau in einem die Vienenburger Interessen schädigenden Umfange entzogen werden solle, und zweitens darauf, daß das Radauwasser durch die Einleitung der Abwässer in erheblichem Umfange verunreinigt und dadurch die bisherige Benutzung zum Waschen, Kochen und Viehtränken unmöglich gemacht werde. Beide Befürchtungen seien unbegründet, denn zu 1 sei zu berücksichtigen, daß die Spülung der Leitungsrohre bei dem erheblichen Gefälle überhaupt nur in verhältnismäßig geringem Umfange erforderlich sein werde; eintretenden Falles werde diese Spülung mit Leitungswasser vorgenommen werden. Letzteres entstamme Quellen, welche schon jetzt nicht in die Radau gelangten, Radauwasser werde außerdem nur bei hohem Wasserstande, bei welchem eine Schädigung der Vienenburger Interessen überhaupt ausgeschlossen sei, verwendet. Zu 2 sei zu erwägen, daß schon jetzt der größte Teil der Harzburger Abwässer, wenn auch unerlaubter Weise, so doch tatsächlich völlig

ungereinigt in die Radau gelange. Durch die Kanalisation, welche die sämtlichen Abwässer aufnehmen, dann aber erst nach gründlicher Reinigung der Radau zuführen werde, werde zwar eine Veränderung des bisherigen Zustandes, aber tatsächlich lediglich eine Verbesserung geschaffen. Wenn bei dem bisherigen Zustande eine Benutzung des Radauwassers zu den vorerwähnten Zwecken möglich gewesen sei, so sei anzunehmen, daß die Durchführung der Kanalisation diese Benutzung in keiner Weise werde beeinträchtigen können. Es sei demnach dem Einspruch der Gemeinde Vienenburg an sich eine erhebliche Bedeutung nicht beizumessen und daher auch der Standpunkt des Stadtmagistrats Harzburgs, daß erhebliche nachweisbare Schädigungen bei Durchführung der Kanalisation gegenüber dem jetzigen Zustande nicht eintreten würden, an sich sehr wohl erklärlich und nicht unberechtigt. Der Landrat des Kreises Goslar erachtete durch diese Ausführungen die Bedenken noch nicht vollständig entkräftet. Er sprach sich aber dahin aus, daß der Einspruch fallen gelassen werden könnte, wenn die Stadt Harzburg zur Ausführung einer Quellwasserleitung für die Gemeinde Vienenburg einen Zuschuß leisten würde, der von dem Vertreter der Gemeinde auf 10 000 M. berechnet wurde. Für den Fall, daß auch für die höher gelegene Domäne eine Wasserleitung angelegt würde, werde wohl die Königliche Regierung in Hildesheim sich mit der direkten Einleitung der Abwässer in die Radau einverstanden erklären, so daß der Stadt Bad Harzburg die gesamten Kosten für die geschlossene Ableitung der Abwässer bis unterhalb des Mühlengrabens erspart blieben. In diesem Falle müsse natürlich der von der Stadt Harzburg zu gewährende Zuschuß entsprechend erhöht werden. Diesen Ausführungen gegenüber sprach sich der Herzogliche Kreis-Direktor dahin aus, daß diese Forderung ein Novum sei; die Forderung Vienenburgs erscheine nur dann berechtigt, wenn erhebliche Schädigungen nachweisbar bezw. nachgewiesen seien. Er erklärte sich indessen zu weiteren Verhandlungen bereit. Auch der Bürgermeister von Bad Harzburg erachtete eine Erwägung der Vienenburger Forderung nicht für ausgeschlossen.

Unter dem 20. Dezember 1904 teilte der Landrat von Goslar dem Herzoglichen Kreis-Direktor mit, daß die Königliche Domänenverwaltung Vienenburg nicht abgeneigt sei, ihren Einspruch zurückzuziehen, wenn gewisse noch zu vereinbarende Bedingungen über die Versorgung des Domänenhaushaltes in Vienenburg mit gutem Wasser erfüllt würden. Dagegen habe es Schwierigkeiten verursacht, die Vertretung der Gemeinde Vienenburg zu bewegen, sich grundsätzlich bereit zu erklären, in Verhandlungen über eine Zurückziehung ihres Einspruches gegen Zahlung eines Geldbetrages seitens der Gemeinde Harzburg einzutreten. Man wolle in Vienenburg wissen, daß das Kaiserliche Gesundheitsamt in Berlin dem biologischen Reinigungsverfahren sehr skeptisch gegenüber stehe, und daß deshalb auf eine Berücksichtigung des Vienenburger Einspruches zu rechnen sei. Es sei ihm jedoch gelungen, in einer Verhandlung mit dem Vienenburger Gemeinde-Ausschuß eine Umstimmung insofern zu erreichen, als man mit möglichster Schnelligkeit sich eine Übersicht über die an die Wasserinteressenten an der Radau und an den von der Radau gespeisten Teichen bei einem Verzicht auf das Radauwasser zu zahlende Entschädigung zu verschaffen suchen und einen Kostenanschlag über die Anlage einer Wasserleitung aufstellen lassen wolle, um alsdann sich

über die Bemessung der zu zahlenden Entschädigungssumme schlüssig zu machen. Er meinte aber zugleich, daß der Entschädigungsbeitrag höher, als bei der Besprechung in Aussicht genommen worden sei, und auf etwa 30 000 M. normiert werden würde.

Unter dem 25. Mai 1905 teilte dann der Landrat von Goslar der Herzoglichen Kreisdirektion Wolfenbüttel mit, daß die Gemeinde Vienenburg sich dahin schlüssig gemacht habe, ihren Einspruch gegen die Harzburger Kanalisation gegen Zahlung einer Entschädigung von 35 000 M. zurückzuziehen, andernfalls aber diesen alle Instanzen hindurch zu verfolgen.

Unter dem 8. Juni 1905 erhob der Pastor Scheiblich in Bündheim den Einwand, daß durch die Herstellung einer neben dem Pfarrgrundstück herlaufenden Abwasser-Kanalleitung, zumal durch die verschiedenen Einsteigeschächte, das Kirchengrundstück benachteiligt werden würde, daß vor allem dadurch das Wasser der beiden Pfarr- und Schulbrunnen, welches vom Zauberberge herkomme und an den Jaucheröhren vorbei fließen müsse, ihm verekelt werden würde, auch wenn die Anlage so dicht gemacht würde, daß von ihrem Inhalt nichts herausdringen könne.

Unter dem 10. Juli 1905 erachtete die Herzogliche Straßen- und Wasser-Bauinspektion in Wolfenbüttel die Einwendungen hinsichtlich der Einfallschächte für unbegründet, gab aber die Möglichkeit einer Verschlechterung des Grundwassers, welches in geringer Entfernung von der Kanaltrace die erwähnten Brunnen speist, zu und empfahl deshalb der Stadt Bad Harzburg, sich wegen des Anschlusses des katholischen Pfarr- und Schulgrundstückes an die Bündheimer Wasserleitung mit der bischöflichen Behörde in Hildesheim ins Einvernehmen zu setzen.

Unter dem 27. Juni 1905 betonte der Landrat in Goslar, daß aus einem von Dr. Thumm verfaßten Aufsatze über den augenblicklichen Stand der Abwässerreinigung nach dem sogenannten biologischen Verfahren ersichtlich sei, daß einerseits das biologische Verfahren keinerlei Gewähr hinsichtlich der sicheren Entfernung der etwa in einem Abwasser enthaltenen pathogenen Keime biete, daß mithin, so lange das Radauwasser in Vienenburg für den menschlichen Verbrauch Verwendung finde, die Gefahr einer Übertragung von ansteckenden Krankheiten von Harzburg nach Vienenburg vorhanden sei, und daß anderseits alle bisher in Deutschland nach dem biologischen Verfahren eingerichteten Kläranstalten zu klein und zugleich mangelhaft beaufsichtigt zu sein schienen. Die Gemeinde Vienenburg werde deshalb nicht umhin können, falls nicht ein Abkommen mit der Stadt Harzburg zustande komme, das die Anlage einer Wasserleitung ermögliche, darauf zu dringen, daß das Klärungsprojekt der Versuchs- und Prüfungsanstalt in Berlin vorgelegt werde, und daß nach Möglichkeit Einrichtungen geschaffen würden, die die Gemeinde in gesundheitlicher Beziehung sicher stellten.

Unter dem 19. Juli 1905 teilte der Herzogliche Kreis-Direktor dem Regierungs-Präsidenten in Hildesheim, sowie dem Landrat in Goslar mit, daß nach ihm gewordenen Angaben das Radauwasser in Vienenburg zu Trinkzwecken überhaupt nicht benutzt werde. Die Forderung von 35 000 M. sei deshalb auch nicht annähernd gerechtfertigt. Bei einer mit dem Gemeindevorstand von Vienenburg vorgenommenen Besichtigung am 10. Juli 1905 war von ihm folgendes festgestellt worden:

A. „In dem unteren Ortsteil wird an verschiedenen Schöpfstellen der Radau Wasser zu Wirtschaftszwecken (Waschen und Scheuern) entnommen, auch wird dasselbe in beschränktem Umfange zum Viehtränken benutzt.

B. In dem oberen Ortsteile liegen vier große Domänenteiche, welche das Wasser durch den unterhalb Radau abzweigenden Mühlengraben erhalten. Aus diesen Teichen führen eine Anzahl Wasserleitungen nach dem Domänengehöft und einzelnen größeren landwirtschaftlichen Betrieben. Das Wasser wird ausschließlich zum Viehtränken und sonstigen wirtschaftlichen Zwecken benutzt, aber kein Mensch trinkt dasselbe. Der Amtsrat Heine hat mir auf bezügliche Anfrage erklärt, daß das Radauwasser schon seit Jahrzehnten nicht mehr zu Trinkzwecken geeignet sei, insbesondere infolge des Betriebes der Mathildenhütte".

Trotz der durch diese Feststellungen nicht unerheblich veränderten Sachlage hat der Herzogliche Kreis-Direktor im Interesse der schnellen Erledigung der Sache eine weitere Verhandlung mit der Gemeinde Vienenburg für angezeigt erachtet. Der Bürgermeister der Stadt Bad Harzburg erklärte sich zu einem Zuschuß von 10000 M. für eine Vienenburger Wasserleitung bereit, zumal wenn es alsdann nicht erforderlich sein würde, eine zweite Kläranlage anzulegen.

Am 14. August 1905 fand dann eine nochmalige Verhandlung zwischen dem Herzoglichen Kreis-Direktor einerseits und dem Königlichen Regierungs-Präsidenten, dem Landrat von Goslar und dem Vorsteher der Gemeinde Vienenburg anderseits statt. Nachdem der Herzogliche Kreis-Direktor das Ergebnis seiner Ermittlungen, daß das Radauwasser zu Trinkzwecken überhaupt nicht benutzt werde, mitgeteilt hatte, sprach er die Erwartung aus, daß nunmehr wohl die Königliche Regierung ihren Einspruch zurückziehen werde. Dagegen betonte der Regierungs-Präsident, daß der Einspruch aufrecht erhalten werden müsse; denn er müsse behaupten, daß das Wasser tatsächlich mehrfach zu Trinkzwecken benutzt werde. Er legte ein Aktenstück vor, enthaltend Vernehmungen von Vienenburger Einwohnern und sonstige Ermittlungen, welche ein von ihm ausgesandter Kommissar in der vergangenen Woche in Vienenburg angestellt habe. Danach sei nicht zu bezweifeln, daß z. B. die Arbeiter der Domäne das Wasser der Radau als Trinkwasser benutzten, allerdings per nefas, denn von dem Amtsrat Heine sei denselben die Benutzung des Radauwassers unter Hinweis auf die vorhandenen Brunnen untersagt worden. Diese Brunnen lägen aber von den Arbeiterwohnungen so weit, über 500 m, entfernt, daß das Verbot gar nicht durchführbar sei. Ebenso müsse auch behauptet werden, was der Vorsteher von Vienenburg, der Leutnant a. D. Prächt, bestätigt, daß auch in den unteren Ortsteilen zeitweise Radauwasser getrunken werde. Demgegenüber hob der Herzogliche Kreis-Direktor nochmals hervor, daß einstweilen eine Schädigung nur theoretisch befürchtet werde, in praxi aber schwer nachweisbar sein werde. Wenn ein Zuschuß gezahlt werde, so geschehe dies nur, um Weiterungen aus dem Wege zu gehen; ein Zuschuß von 35000 M. sei aber ausgeschlossen, über 10000 M. werde Harzburg nicht hinausgehen können. Dagegen betonten der Regierungs-Präsident und der Landrat, daß sich eine günstige Stimmung für die Anlage einer Grundwasserleitung in Vienenburg nur werde erwecken lassen, wenn der Gemeindevertretung ein erheblicher Zuschuß

seitens der Stadt Harzburg in Aussicht gestellt werden könne. Unter 25 000 M. könne die Forderung nicht ermäßigt werden, wohingegen der Herzogliche Kreis-Direktor sich dahin aussprach, daß allerhöchstens 15 000 M. verlangt werden könnten. Eine Einigung kam nicht zustande.

Unter dem 31. August 1905 beschloß die Gemeinde Vienenburg, ihren Einspruch fallen zu lassen, wenn die Stadtverwaltung Harzburg einen der folgenden drei Vorschläge annähme:

1. Harzburg übernimmt die Forderung des Königlichen Domänenfiskus hinsichtlich der Domäne Vienenburg und zahlt außerdem an die Gemeinde Vienenburg 10 000 M., wofür diese eventl. spätere Schadensansprüche Vienenburger Interessenten (mit Ausnahme der Domäne) zu übernehmen sich verpflichtet.

2. Harzburg zahlt 15 000 M. und läßt die Bedingungen bezüglich der Schadensansprüche fallen.

3. Harzburg zahlt 20 000 M., wohingegen sich die Gemeinde Vienenburg verpflichtet, die Forderungen der Domäne und eventl. spätere Schadensansprüche der Vienenburger Interessenten zu übernehmen.

Diesen Verhandlungen war ein neues, von Professor Dunbar und Professor Brix ausgearbeitetes Projekt der Kläranlage zugrunde gelegt.

Unter dem 7. September 1905 erklärte der Herzogliche Kreis-Direktor in Wolfenbüttel, daß er sich von weiteren Erörterungen einen Erfolg nicht versprechen könne; denn der Einspruch der Preußischen Behörde richte sich gegen die Einleitung der Abwässer in die Radau, weil angenommen werde, daß das biologische Verfahren überhaupt nicht geeignet sei, eine genügende Klärung der Abwässer und eine Beseitigung der Schädigungen herbeizuführen. Der Widerspruch werde daher unzweifelhaft auch dem abgeänderten Projekt gegenüber in gleichem Umfange aufrecht erhalten werden. Es werde daher die endgültige Äußerung der Königlichen Regierung auf die dortige Erklärung abzuwarten und es würden eventl. die Vorverhandlungen dem Reichs-Gesundheitsrat zur Begutachtung vorzulegen sein.

Unter dem 10. September 1905 teilte der Kreisdirektor der Gemeinde Vienenburg mit, daß der Stadtmagistrat von Bad Harzburg auf die oben angeführten Vorschläge nicht eingehen könne, jedoch bereit sei, unter den bereits angegebenen Bedingungen der Gemeinde Vienenburg den Betrag von 15 000 M. zu zahlen, und bat um eine endgültige Äußerung.

Unter dem 14. September 1905 beschloß darauf die Gemeinde Vienenburg, nicht nur die in der Angelegenheit mit Bad Harzburg angeknüpften Verhandlungen abzubrechen, sondern auch die am 31. August 1905 gemachten Einigungsvorschläge rückgängig zu machen.

Unter dem 20. September 1905 teilte dann der Königliche Landrat von Goslar mit, daß der Gemeinde-Ausschuß von Vienenburg beschlossen habe, die Verhandlungen mit Harzburg abzubrechen, den Einspruch gegen die Anlage aufrecht zu erhalten und auf einer Entscheidung des Reichs-Gesundheitsrates zu bestehen.

Am 11. Oktober 1905 hat die Herzogliche Kreis-Direktion dem Herzoglichen Staatsministerium zu Braunschweig über den Abbruch der Verhandlungen berichtet

und daraufhin unter dem 4. November 1905 das Herzogliche Staatsministerium den Reichskanzler ersucht, den Reichs-Gesundheitsrat zur Abgabe des erforderlichen Gutachtens zu veranlassen.

2. Örtliche Besichtigung und Ermittelungen, über den gegenwärtigen Zustand der Abwässerbeseitigung der Stadt Bad Harzburg.

Von dem Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes wurde durch Schreiben vom 14. Dezember 1905 unter Übersendung des Aktenmaterials mit der Berichterstattung für den Reichs-Gesundheitsrat der Königlich Preußische Geheime Medizinalrat Professor Dr. Loeffler betraut, als Mitberichterstatter der Direktor im Kaiserlichen Gesundheitsamt, Geheimer Regierungsrat Dr. Kerp bestellt.

Auf Grund des Aktenstudiums schien zunächst eine Besichtigung und Prüfung der Verhältnisse an Ort und Stelle notwendig. Der ungünstigen Witterungsverhältnisse wegen konnte diese Besichtigung erst am 6. Februar 1906 stattfinden. Zu derselben waren erschienen die Herren Herzoglich Braunschweigischer Kreis-Direktor Krüger, Baurat Praun und Baumeister Nagel von der Straßen- und Wasser-Bauinspektion zu Wolfenbüttel, Geheimer Medizinalrat Professor Dr. Beckurts als Kommissar des Herzoglichen Ministeriums in Braunschweig, Geheimer Baurat Borchers von der Königlich Preußischen Regierung in Hildesheim, Bürgermeister der Stadt Bad Harzburg von Stutterheim, Stadtbaurat Bartholomé von Harzburg, Professor Dunbar aus Hamburg als technischer Berater der Stadt Harzburg und die beiden Berichterstatter.

Es wurde eine eingehende Besichtigung des Wasserlaufes der Radau vorgenommen, und zwar in Harzburg selbst, in Bündheim und Schlewecke, sowie vor dem Eintritt der Abwässer der Mathildenhütte und nach dem Eintritt derselben, ferner nach Eintritt der Abwässer der Brauerei Radau vor Abzweigung des nach den Vienenburger Fischteichen führenden Mühlengrabens und weiterhin stromabwärts bis einige Kilometer vor Vienenburg. Außerdem wurde das Gelände, auf welchem die neue Kläranlage errichtet werden soll, eingehend besichtigt. Darauf wurden die Fischteiche in Vienenburg selbst einer Besichtigung unterzogen. In Harzburg wurden die Quellwasserfassungen und Reservoire sowie die Abwassersammel- und Reinigungsanlagen des Aktien-Hotels besichtigt. In einer darauf folgenden Besprechung wurden von dem Herrn Bürgermeister nähere Angaben über die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung der Stadt Harzburg gemacht, von Herrn Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Beckurts ausführlichere Mitteilungen über die Abwässer der Mathildenhütte, sowie über die in Harzburg in den letzten fünf Jahren beobachteten Typhuserkrankungen und von Herrn Geheimen Baurat Borchers solche über die gleichen Erkrankungen in Vienenburg in Aussicht gestellt.

Die Frage nach der Möglichkeit einer Desinfektion der gesamten durch die Kläranlage hindurchgehenden Abwässermengen wurde von Herrn Professor Dunbar näher erörtert.

In der Sitzung des Reichs-Gesundheitsrats, Unterausschuß für Beseitigung der Abfallstoffe, am 4. Juli 1906 wurde das zu erstattende Gutachten beraten.

An dieser Beratung nahmen unter dem Vorsitz des Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes Bumm Teil als Mitglieder des Reichs-Gesundheitsrates:

Dr. Barnick, Frankfurt a. O.; Dr. Beckurts, Braunschweig; Dr. Beyschlag, Wilmersdorf; Dr. v. Buchka, Berlin; Dr. Gärtner, Jena; Dr. Gaffky, Berlin; Dr. Greiff, Karlsruhe i. B.; Keller, Berlin; Dr. Kerp, Berlin; Dr. Köhler, Ascherode; Dr. Loeffler, Greifswald; von Meyeren, Berlin; Dr. A. Orth, Berlin; Dr. von Rembold, Stuttgart; Dr. Renk, Dresden; Dr. Rubner, Berlin; Dr. Schmidtmann, Berlin; Freiherr von Stein, Berlin; Dr. Tjaden, Bremen.

Ferner als zugezogene Sachverständige:

Dr. Hofer, München und Dr. Spitta, Berlin.

Nach der Mitteilung des Herrn Bürgermeisters von Stutterheim betrug die Zahl der Einwohner

der Stadt Bad Harzburg	im Jahre	1905	4396
von Bündheim	„ „	1905	2644
und von Schlewecke	„ „	1905	1126
		Zusammen	8166.

Bündheim und Schlewecke haben zusammen 3770 Einwohner, mithin nur 626 weniger als die Stadt Bad Harzburg. Zur Zeit der Hochsaison steigt die Einwohnerzahl von Bad Harzburg vorübergehend auf etwa 8000, so daß Bad Harzburg in dieser Zeit ebenso viele Abwässer allein liefert wie außerhalb der Saison Bad Harzburg, Bündheim und Schlewecke zusammen. Für die Wasserversorgung der Stadt Bad Harzburg stehen fünf städtische Quellwasserleitungen zur Verfügung, zu denen noch eine Anzahl privater Leitungen wie die des Aktien-Hotels, des Hotels Kurhaus, der Villa Jäger und andere hinzutreten. Die Klingerbornquelle, die Hessentalquelle, die Schniggerlochquelle, die Krodotalquelle und die Riefenbachtalquelle lieferten am 27. August 1904 988 cbm Wasser, in der wasserärmsten Periode, am 28. September, noch 888 cbm. Die Ergiebigkeit der gefaßten Quellen ist nach den Angaben des Herrn Bürgermeisters von Stutterheim später noch erheblich gestiegen. Die Wasser der städtischen Quellwasserleitungen werden nur in der Saison verbraucht, sonst nicht. Sie sind so reichlich, daß sie auch zur Bewässerung verwendet werden können. Wassermangel ist nie eingetreten, nur mußte in der niederschlagärmsten Zeit in dem sehr heißen Sommer 1904 das Bewässern der Gartenanlagen mit dem Wasser verboten werden. Alle Hotels und alle Wohnungen, die an Fremde vermietet werden, sind mit Wasserklosetts ausgestattet.

Eine genaue Angabe über die Menge und die Beschaffenheit der von der Stadt Harzburg gelieferten Abwässer zu machen, ist nach der Meinung des Herrn Bürgermeisters jetzt unmöglich. Die gesamten Abwässer, nicht nur die Klosettwässer, sollen in zementierten Gruben angesammelt und der Inhalt dann durch Abfahren beseitigt werden. Was es mit dieser Vorschrift auf sich hat, das zeigt am besten die Mitteilung des Herrn Bürgermeisters von Stutterheim, nach welcher im Jahre 1904 nur 1000 Tonnen zu je 3 cbm, zusammen mithin 3000 cbm Grubeninhalt abgefahren worden sind, während doch bei Annahme von 8000 Einwohnern und

100 Litern täglichen Wasserverbrauchs auf den Kopf sich allein 800 cbm Abwasser auf den Tag ergeben. Die Sammelgruben sind tatsächlich meist Sickergruben, die mittelbar oder unmittelbar mit der Radau in Verbindung stehen. Das große Aktien-Hotel, welches bei einer täglichen Besetzung mit etwa 400 Personen einen Wasserverbrauch von 70 bis 80 cbm auf den Tag hat, ist mit einer großen Zahl von Senkgruben versehen, in welche die Klosett- und Küchenabwässer hineingehen. Die am höchsten gelegenen Senkgruben entleeren sich durch Überläufe in tiefer gelegene. Aus der letzten tritt dann das Abwasser in einen Schlackenhaufen ein, aus welchem es in den daneben fließenden Riefenbach übertritt. Da die Senkgruben infolge des starken Wasserverbrauches sich schnell füllen, so werden sie abends durch Ziehen von Schützen unmittelbar in den untersten Schlackenhaufen entleert. Es soll sich denn auch zu dieser Zeit ein übler Geruch verbreiten. Auch die Abwässer des Kurhauses, in welchem gegen 500 Menschen täglich verkehren, gehen in Schlackenhaufen hinein, und finden aus diesen ihren Weg in die Radau. Ein Kanal, der sogenannte Aktienkanal, beginnt in der Mitte der Dommesstraße und geht dann weiter in die Radau. Er ist angelegt, um Grundwasser abzuleiten. Tatsächlich aber werden in denselben auch die Abwässer der angrenzenden Häuser entleert und so der Radau zugeführt.

Der Riefenbach, der Stübchenbach, der Schulröderbach, der Kupfergraben, der Mühlengraben und der Aktienkanal sind die natürlichen und künstlichen Abflußleitungen, durch welche schließlich die Abwässer fast der gesamten Stadt Harzburg in die Radau gelangen. Zu erwähnen ist noch, daß das städtische Bad, welches mit einer natürlichen Sole von $6^3/_4$ bis $7^1/_2$ % Kochsalzgehalt versorgt wird, in der Hochsaison 110—120 cbm Wasser täglich verbraucht. Das gesamte Badewasser wird in den Mühlengraben entleert und gelangt somit in die Radau. Oberhalb Harzburgs kommen nur verhältnismäßig wenig Abwässer in die Radau. Es sind dort Steinbrüche gelegen, in denen etwa 150 Personen, meist Italiener, beschäftigt werden. Ferner sind vorhanden zwei Holzschleifmühlen und eine Nudelmühle mit zusammen etwa 70 Personen. Endlich liegt dort noch das Restaurant Radauwasserfall, wo im Sommer sehr viele Personen verkehren. Unterhalb Harzburgs entwässert Bündheim mit Bahnhof Harzburg zum Teil in den Kupfergraben, zum Teil in den Bleichebach, zum Teil unmittelbar in die Radau. Dort wohnen viele Arbeiter, und vielfach finden sich landwirtschaftliche Betriebe. Die Arbeiter werden zumeist auf der Friederikengrube beschäftigt, in welcher der Eisenstein gewonnen wird, der in der Mathildenhütte verschmolzen wird. In Bündheim liegen ferner eine kleine Preßhefefabrik am Bahnhof, eine Brauerei (die Kaiserbrauerei) und das 70 Morgen umfassende Gestüt. Schlewecke leitet seine Abwässer zum Teil direkt in die Radau, zum Teil in einen Mühlenbach, zum Teil in den Gläsekenbach, die beide der Radau zufließen. Unterhalb Schleweckes liegt die Mathildenhütte, die 180 Arbeiter beschäftigt. Ihre Abwässer gehen direkt in die Radau. Die Aborte haben keine Verbindung mit den Abwässerkanälen, ihre Reinigung erfolgt auf trockenem Wege. Über die Beschaffenheit der Abwässer der Mathildenhütte macht Herr Geheimrat Beckurts folgende Mitteilungen: „Die Abwässer bestehen aus:

a) den Wässern von der Gasreinigung,

b) den Wässern von der Schlackengranulation,

c) den Kondenswässern usw.

Von diesen sind nur die unter a) genannten Abwässer der Gasreinigung verunreinigt. Die unter b) und c) genannten Abwässer sind klar, farblos und geruchlos.

Die unter a) genannten Wässer entstehen durch Waschen der Hochofengase. Diese sind durch erhebliche Mengen Flugstaub verunreinigt (1 cbm Hochofengase enthält 12 g Flugstaub). Dieser Flugstaub muß entfernt werden, bevor die Hochofengase als Feuerungsmaterial unter den Dampfkesseln Verwendung finden können. — Das geschieht durch Waschen der Gase mit Wasser, wobei der Flugstaub bis auf einen kleinen Rest in das Waschwasser übergeht. Die gewaschenen Hochofengase enthalten in 1 cbm nur noch 0,5 g Flugstaub. Infolgedessen ist das Abwasser stark durch suspendierte Stoffe verunreinigt. Wasserlösliche Verunreinigungen sind nicht vorhanden. Die Menge dieses Abwassers beträgt 0,3 cbm in der Minute oder 432 cbm in 24 Stunden.

Das unter b) genannte Abwasser von der Schlackengranulation entsteht dadurch, daß die vom Hochofen abfließenden geschmolzenen Schlacken durch Eingießen in Wasser granuliert werden. Die Granulation ist notwendig, weil die Schlacken zu sogen. Schlackensteinen verarbeitet werden. Verunreinigt wird dieses Wasser nur durch kleine Mengen Schwefelwasserstoff, welcher sich durch Zersetzung der in den Schlacken vorhandenen Sulfide bildet. Nach meinen Erfahrungen wird dieser Schwefelwasserstoff alsbald oxydiert. Die Menge des klar abfließenden Wassers beträgt 3 cbm in der Minute oder 4320 cbm in 24 Stunden.

Die Menge des reinen Kondenswassers, welches ich unter c) erwähnte, wozu noch das abgeblasene Dampfkesselspeisewasser kommt, beträgt 5,3 cbm in der Minute oder 7632 cbm innerhalb 24 Stunden.

Im ganzen gelangen mithin in der Minute 8,6 oder in 24 Stunden 12 284 cbm Abwasser in die Radau, darunter aber nur 0,3 bezw. 432 cbm verunreinigtes Wasser.

Sämtliches Abwasser gelangt in mehrere große Klärteiche, in welchen sich die suspendierten Stoffe absetzen, und fließt dann fast klar in die Radau. Immerhin ist die Radau noch schwach opaleszierend getrübt."

Es folgt dann noch das Gut Radau mit seiner Brauerei, das seine Abwässer, vor allem auch die Brauereiabwässer, unmittelbar in die Radau entleert. Industrien sind in Harzburg nicht vorhanden. Ein Einfluß der verschiedenartigen Abwässer auf die Beschaffenheit der Radau war bei der Besichtigung am 6. Februar 1906 erst erkennbar von dem Augenblick an, als die Abwässer der Mathildenhütte der Radau beigemengt waren. Während vorher das Radauwasser vollkommen klar und durchsichtig erschien, zeigte es sich nach dem Einfluß dieser Wässer deutlich getrübt; seine Farbe war dunkelschwarzgrau geworden. Dieser Zustand änderte sich auch nicht wesentlich mehrere Kilometer stromabwärts. Unterhalb des Einflusses der Abwässer der Brauerei Radau, an der Abzweigung des nach den Vienenburger Fischteichen gehenden Mühlengrabens, zeigten sich die Kiesel des Flußbettes von einer zarten, glatten, schleimigen Schicht überzogen, die ohne Zweifel den Brauereiabwässern ihre Entstehung verdankt. In den Fischteichen in Vienenburg war trotz der erheblichen Stromverlangsamung, die das Wasser in den Teichen erfährt, die durch die Abwässer der Mathildenhütte bedingte Trübung noch nicht beseitigt, so daß es einen zum Trinken einladenden Eindruck nicht machte. Längs des einen Fischteiches liegen

eine Reihe von Wohnstätten. Vor jedem Gehöft war eine Wasserentnahmestelle deutlich bemerkbar. Diese sämtlichen Gehöfte entleeren ihre Abwässer in einen auf ihrer von den Fischteichen abgewendeten Seite gelegenen Rinnstein. Daß in diesen Rinnstein alle möglichen flüssigen Abfallstoffe hineingelangen, bewies der Umstand, daß auf einer erheblichen Strecke dieser Rinnstein durch Blut rot gefärbt war, das von einer Schlachtung herrührte. Beim Verfolgen dieses Rinnsteins stellte sich heraus, daß er schließlich in einen Graben mündete, der wiederum mit den Fischteichen in Verbindung stand. Es gelangen somit die Abwässer der Bewohner dieser ganzen Reihe von Gehöften in den Fischteich hinein. Die Wasserentnahmestellen vor jedem Hause zeigten an, daß der Fischteich als Bezugsquelle für das Gebrauchswasser diente.

Daß das Wasser des Fischteiches zum Trinken verwendet würde, wurde von den Anwohnern von der Hand gewiesen. Aber nur eins dieser Gehöfte hatte einen Brunnen. Die übrigen Bewohner waren angewiesen auf einen ziemlich weitab in einem anderen Teile Vienenburgs gelegenen Brunnen. Es scheint daher nicht ausgeschlossen, daß das Wasser der Fischteiche gelegentlich auch zum Trinken verwendet wird.

Faßt man das Ergebnis der Besichtigungen und Erkundigungen kurz zusammen, so ergibt sich folgendes: es gehen jetzt die Abwässer von etwa 8000 Menschen und in der Badesaison von etwa 12 000 Menschen, die Abwässer von 2 Brauereien, eines Gestüts und die Abwässer der Mathildenhütte teils direkt, teils durch Vermittelung der zahlreichen, das ganze Gebiet durchziehenden Bäche und Gräben ungereinigt in die Radau.

Sind nun bei dem bisherigen Zustande der Abwässer-Ableitung in die Radau Schädigungen der Unterwohner hervorgetreten?

Der Gemeindevorsteher von Vienenburg hat in einem Berichte an den Königlichen Landrat des Kreises Goslar „Klagen über die Verunreinigung der Radau, welche gerade in letzter Zeit in bedenklicher Weise sich gemehrt hätten“ (s. S. 80), erwähnt, von wirklichen Schädigungen, die die Fischzucht und der Wirtschaftsbetrieb in Vienenburg erfahren hätten, ist aber ebensowenig die Rede gewesen wie von gesundheitlichen Benachteiligungen der Anwohner.

Da das Radauwasser nach der Angabe des Gemeindevorstehers von Vienenburg zu häuslichen Zwecken, zum Waschen, zum Kochen und trotz Verbotes auch zum Trinken verwendet werden soll, so müßte ein etwaiger gesundheitsschädlicher Einfluß dieses Wassers im Laufe der Jahre irgend wie in die Erscheinung getreten und bekannt geworden sein. Für die Beurteilung und Erkennung einer etwaigen Gesundheitsschädlichkeit des Radauwassers war es von Interesse zu ermitteln, ob etwa gleichzeitig mit oder nach dem Auftreten von Typhuserkrankungen in Bad Harzburg und in Bündheim Typhuserkrankungen auch in Vienenburg vorgekommen seien.

Das Herzogliche Landes-Medizinal-Kollegium in Braunschweig hat dem Berichterstatter auf seine durch Herrn Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Beckurts ausgesprochene Bitte mitgeteilt, daß im Jahre 1901 von Juli bis Oktober in Bad Harzburg 10, in Bündheim 7, in Harlingerode und in Bettingerode 3 Typhuserkrankungen ärztlich gemeldet worden seien. Nach dem seinerzeit erstatteten Berichte des zuständigen Physikus stehen die Erkrankungen in Bad Harzburg und Bündheim in ursächlichem Zusammenhange mit dem infolge der zahlreich vorhandenen Sickergruben

stark verunreinigten Erdboden und den Harzburg durchziehenden Gräben und Bächen, welche ebenso wie die Radau durch Abwässer der Häuser in erheblichem Umfange beständig verunreinigt werden. Der Physikus nahm an, daß an verschiedenen Stellen des Bezirks die Typhusbazillen zur Entwicklung und Infektion gelangt seien, da sie kaum überallhin von einer ersten Entstehungsquelle durch das Wasser hätten verschleppt werden können.

Das Herzogliche Landes-Medizinal-Kollegium teilte dann weiter noch mit, daß später nur noch eine Typhuserkrankung in Bad Harzburg gemeldet worden sei, nämlich aus dem November 1905.

Der Regierungspräsident in Hildesheim übersandte dem Berichterstatter mit einem Schreiben vom 21. März 1906 den von seinem Kommissar, dem Regierungs- und Baurat, Geheimen Baurat Borchers, gelegentlich der Besichtigung in Harzburg am 6. Februar 1906 zugesagten Nachweis über Typhuserkrankungen in Vienenburg und Harzburg vom Jahre 1896 bis zum Jahre 1905. Der nachfolgende Nachweis rührt von dem Königlichen Kreisarzt Medizinalrat Dr. Nieper her. Die Typhusfälle in Harzburg sind von ihm durch amtliche Auskunft des Stadtmagistrats Harzburg festgestellt worden.

„In den letzten Jahren sind folgende Typhusfälle gemeldet:

	in Vienenburg	in Harzburg
1896	vakat	am 17. April — 1 Fall
1897	am 3. Juli — 1 Fall	vakat
1898	„ 15. Jan. — 1 „	vakat
	„ 11. Juni — 1 „	
	„ 18. „ — 1 „	
	„ 20. Aug. — 1 „	
1899	„ 8. Juli — 1 „	vakat
	„ 16. Sept. — 1 „	
1900	vakat	vakat
1901	am 4. Okt. — 2 Fälle	am 28. Aug. — 1 Fall
	„ 23. „ — 2 „	„ 4. Sept. — 1 „
		„ 16. „ — 3 Fälle
		„ 26. Okt. — 1 Fall
		„ 30. Nov. — 1 „
		„ 28. Dez. — 4 Fälle
1902	„ 13. Jan. — 1 Fall	„ 5. Jan. — 1 Fall
	„ 22. „ — 1 „	„ 11. „ — 1 „
	„ 7. Feb. — 2 Fälle	„ 18. Feb. — 3 Fälle
	„ 13. März — 1 Fall	„ 22. „ — 1 Fall
	„ 27. „ — 1 „	„ 13. Sept. — 1 „
		„ 15. „ — 1 „
		„ 11. Nov. — 1 „
1903	„ 22. Okt. — 1 „	vakat
1904	„ 23. Jan. — 1 „	vakat
1905	vakat	am 7. Nov. — 1 Fall.“

Nach dieser Übersicht ist in Harzburg im Jahre 1896 ein Typhusfall vorgekommen, in den folgenden 4 Jahren ist die Stadt frei von Typhus gewesen. In Vienenburg, das 1896 frei war, sind im Jahre 1897 1 Fall, im Jahre 1898 4 Fälle und im Jahre 1899 2 Fälle vorgekommen, d. h. es sind in 3 Jahren in Vienenburg Typhusfälle vorgekommen, während Harzburg frei von Typhus war. Im Jahre 1900 waren Harzburg sowohl wie Vienenburg frei. In den Jahren 1901 und 1902 (in der Mitteilung des Herzoglichen Landes-Medizinal-Kollegiums in Braunschweig ist eine Angabe über das Jahr 1902 nicht enthalten) sind in Harzburg 11 und 9 Fälle vorgekommen, in Vienenburg 4 und 6. In Harzburg haben die Erkrankungen früher eingesetzt wie in Vienenburg. Dieser Umstand würde so gedeutet werden können, daß ein Zusammenhang zwischen den Typhuserkrankungen in den beiden Orten bestanden hat. In Harzburg sind aber im September noch 2, im November noch 1 Fall vorgekommen, ohne daß in Vienenburg weitere Fälle sich gezeigt hätten. 1903 und 1904 hat Vienenburg je einen Fall gehabt, Harzburg dagegen keinen. Endlich im Jahre 1905 ist ein Fall in Harzburg vorgekommen, Vienenburg aber vollkommen verschont geblieben. Mit Sicherheit läßt sich unter diesen Umständen aus der Übersicht nicht der Schluß ziehen, daß der Typhus in Vienenburg durch den Typhus in Harzburg hervorgerufen worden ist.

3. Die projektierte Kläranlage der Stadt Bad Harzburg und deren Beurteilung.

In dem bisherigen Zustande der Radau, der als schädigend für die Unterwohner nicht erwiesen ist, soll nun eine Änderung eintreten. Ein Teil der die Radau verunreinigenden Abwässer, die Abwässer der Stadt Harzburg, sollen nicht mehr wild in die Radau gehen, sondern in einem Kanal gesammelt. biologisch gereinigt und dann unterhalb des Einlaufes der Abwässer der Mathildenhütte der Radau übergeben werden.

Zur Entscheidung steht die Frage: „Sind durch die projektierten Veränderungen, das Sammeln der Harzburger Abwässer in einer Kanalleitung, deren Reinigung in einer Anlage nach dem biologischen System und deren Einleitung an einem näher an Vienenburg gelegenen Punkte in die Radau, Schädigungen der Unterwohner zu befürchten?

Durch die Kanalisation der Stadt Harzburg wird eine Veränderung in der Art des Eintretens der Abwässer dieser Stadt in die Radau insofern bewirkt, als nach Fertigstellung des Kanalnetzes die gesamte Abwassermenge der Reinigungsanlage und dann der Radau zugeführt wird, während früher ein freilich nicht genau bestimmbarer Teil bei seinem Durchgang durch Bodenschichten versickerte, wodurch namentlich auch ein Teil der suspendierten Bestandteile zurückgehalten wurde. Außerdem wurde durch den Eintritt der Abwässer an zahlreichen, räumlich voneinander getrennten Stellen in die Wasserläufe eine intensive Verschmutzung einer bestimmten Stelle der Radau vermieden. Das Radauwasser wurde daher nicht durch die verunreinigten Abwässer stark getrübt, blieb vielmehr klar und war den reinigenden Einflüssen des Sonnenlichtes auf eine weite Strecke hin gut zugänglich. Der keimvernichtende Einfluß des Sonnenlichtes ist besonders bei einem etwaigen Eintreten von Infektionserregern in das Radauwasser von nicht gering anzuschlagender Bedeutung.

Durch das Sammeln der Abwässer der Stadt Harzburg und deren Einleiten an einem viel näher nach Vienenburg zu gelegenen Punkte würde daher gegenüber dem jetzigen Zustande eine Verschlechterung zu befürchten sein. Nun aber werden die gesammelten Abwässer nicht ungereinigt, sondern erst nach vorangehender biologischer Reinigung der Radau zugeführt. Es fragt sich daher, welche Wirkung von der Reinigung auf die Abwässer zu erwarten ist.

Von Professor Dunbar ist unter Zugrundelegung einer Zahl von 10000 Einwohnern und einer Abwassermenge von 100 Litern auf den Kopf also von 1000 Kubikmetern täglich eine biologische Reinigungsanlage projektiert worden. Die Zuleitung des Abwassers geschieht durch einen Sammelkanal von 2,55 Kilometer Länge und 0,35 Meter Weite mit einem Gefälle von 1 : 300, dessen letzte Strecke von 150 bis 200 Meter gehoben werden soll, so daß dadurch der Inhalt unter Rückstau gesetzt wird. In einem Sandfang sollen dann die schweren Sinkstoffe durch Verlangsamung der Stromgeschwindigkeit bei erweitertem Querschnitt zum Ausfall gebracht und die Schwimmstoffe durch Gitter aus Rundstäben von 2,5 Centimeter Abstand abgehoben werden. Aus dem Sandfang gelangt das Abwasser über 1,5 Meter breite Überfälle in den aus 4 Becken bestehenden Vorklärer von 1024 cbm Gesamtinhalt, mit Tauchwänden am vorderen und hinteren Ende der Kammern zur Vermeidung von Strömungen. Durch Öffnungen von 0,15 Meter Weite geht das Wasser in einen Sammelkanal, der in einem Auslaufschacht endet, aus dem ein 0,35 m weites Rohr das Wasser zur eigentlichen Filteranlage führt. Die Geschwindigkeit des Wassers beträgt 0,725 mm/sec, die Dauer des Aufenthaltes im Vorklärer 24 Stunden. Der größte Teil der Schwebestoffe fällt dort aus. Gleichwohl soll die Schlammbildung nur gering sein. Der Vorklärer fungiert hier zugleich als Faulbecken. Das aus dem Vorklärer abströmende Wasser gelangt auf ein zweistufiges Oxydationsfilter. Die erste Stufe besteht aus 10 je 5 m breiten, 40 m langen und im Mittel 1,5 m hohen Beeten, deren Oberfläche 2000 qm und deren Gesamtinhalt 3000 cbm beträgt. Als Filtermaterial gelangen zur Verwendung grobe Schlacken der Mathildenhütte, die sich nach den Angaben des Professors Dunbar in ganz hervorragender Weise für Oxydationsfilter eignen sollen. Die Filter sollen ringsum auf $^2/_3$ der Höhe freistehen zur besseren Durchlüftung. Die oberste Schicht der Filter wird aus feinerem Material hergestellt. Aus dem Verteilungskanal gelangt das Abwasser durch 0,15 m weite Rohre zu den Beeten. Aus dreikantigen, frei gelagerten Holzrinnen, die mit Löchern von 8 mm Weite versehen sind, fällt es auf Zementplatten und verteilt sich dann gleichmäßig in der feinkörnigen Schicht. Eine gleichmäßige Verteilung soll sicher sein. Das aus der ersten Stufe der Anlage abfließende Wasser sammelt sich in einem Kanal und gelangt durch diesen zur zweiten Stufe, auf das Nachfilter, 5 ebenso große Beete von 0,9 m mittlerer Höhe, 1000 qm Oberfläche und 900 cbm Inhalt, und aus diesen Filtern durch einen Ablaufschacht schließlich in den Abflußkanal. Die Abflußleitung besteht in einem 0,35 m weiten Rohre von 300 m Länge, das bis zur Radau ein Gefälle von 1 : 120 hat. Die Möglichkeit einer Überdachung im Winter ist für 5 Hauptfilter und 3 Nachfilter vorgesehen. Bei den Witterungsverhältnissen in Harzburg und insbesondere im Hinblick auf die reichlichen Schneefälle dortselbst ist auf diese Überdachung besonderer

Wert zu legen. Der Betrieb erheischt eine dauernde Überwachung, bestehend in Aufharken der Deckschicht, Heben der Sinkstoffe durch einen Elevator und Entfernen der Schwebestoffe von den Gittern. Die Entleerung der Faulbecken soll nur in langen Zwischenräumen nötig sein, wozu immer nur zwei Becken ausgeschaltet werden. Das über dem Schlamm stehende Wasser läßt man ablaufen und bringt es auf die Nachfilter. Der Schlamm wird auf pneumatischem Wege durch einen Patentsauger herausgepumpt.

Nach den angegebenen Maßen beträgt die Oberfläche der Oxydationsfilter der ersten Stufe 2000 qm und deren Inhalt 3000 cbm. Es kommen also bei maximaler Belastung der Anlage auf 1 qm $^1/_2$ cbm und auf den cbm Oxydationstropfkörper $^1/_3$ cbm Abwasser, Mengen, die eine übermäßige Belastung der Anlage selbst bei maximaler Abwassermenge ausschließen. Nach den Vorschriften der englischen Zentralbehörde, des Local Government Board, wird die Reinigung der Abwässer nach dem Tropfverfahren, auch wenn die Anlagen, wie dies in Harzburg geschehen soll, unter den günstigsten Bedingungen, mit Vorreinigung und Vorfaulung ausgeführt werden, doch noch nicht als eine Reinigung betrachtet, welche der durch Landberieselung bewirkten gleichwertig ist. Es wurde deshalb in England bei sämtlichen biologischen Verfahren eine Nachrieselung vorgeschrieben, und zwar wurden für einen Kubikmeter Abwasser 40 Quadratmeter Landfläche verlangt. In einem am 19. März 1906 übersandten Nachtrage zu einem früheren Gutachten vom 24. Februar 1906 teilt Herr Professor Dunbar mit, daß er Anlaß genommen habe, durch direkte Anfrage bei der englischen Zentralbehörde, dem Local Government Board, festzustellen, wie man sich dort zurzeit zu der Forderung der Nachbehandlung der Abwässer aus künslichen biologischen Reinigungsanlagen stelle. Daraufhin habe er die Antwort erhalten, daß die genannte Aufsichtsbehörde sich genötigt gesehen habe, ihre ursprüngliche allgemeine Forderung erheblich einzuschränken und im gegebenen Falle von der Forderung einer Nachbehandlung der Abflüsse aus künstlichen biologischen Anlagen völlig abzusehen.

Hiernach behält sich die englische Zentralbehörde in jedem einzelnen Falle die Entscheidung darüber vor, ob eine Nachrieselung verlangt werden soll oder nicht. Wenn für die Harzburger Anlage die Forderung von 40 qm Land für 1 cbm geklärten Abwassers erhoben würde, so würden für 1000 cbm Abwasser 40000 qm oder 4 Hektar Land erforderlich sein. Die Besichtigung des für die Kläranlage in Aussicht genommenen Geländes ließ es nicht als ausgeschlossen erscheinen, daß eine für die Nachrieselung genügend große Fläche dort zu beschaffen sein würde. Freilich ergab sich auch, daß wegen der tiefen Lage der Kläranstalt eine Landrieselung nur unter Hebung des geklärten Wassers mittels Pumpen möglich sein würde. Wie sich die Leistungen der geplanten Reinigungsanlage in Harzburg gestalten werden, läßt sich nicht mit Sicherheit vorhersagen. Es würde sich empfohlen haben, daß zunächst nur eine Versuchsanlage eingerichtet worden wäre, um mit Hilfe derselben Erfahrungen über die Reinigung der dortigen Abwässer zu sammeln. Es würde zweckmäßig sein, einen solchen Versuch noch in der Weise zur Ausführung zu bringen, daß nach Fertigstellung eines Teiles der Tropfkörper die Anlage unter Aufsicht der Behörde bereits in Betrieb genommen würde. Hierbei würde jedoch zur Bedingung zu machen sein, daß der

fertig gestellte Teil der Tropfkörper nur bis zur zulässigen Höchstmenge mit Abwasser beschickt würde.

Was die reinigende Wirkung biologischer, dem vorliegenden Projekt entsprechender Kläranlagen anlangt, so ist es nach den übereinstimmenden, in den verschiedensten Orten in England und auch bei uns in Deutschland gemachten Erfahrungen sehr wohl möglich, städtische Abwässer, denen Industriewässer schädlicher Art nicht beigemengt sind, schon mit Hilfe des einstufigen Tropfverfahrens nach vorausgegangener Vorfaulung bei sachgemäßer Einrichtung der Anlage und bei sorgfältig geregeltem Betriebe derartig zu reinigen, daß sie unbedenklich selbst in wasserarme Vorfluter eingelassen werden können, ohne späterhin zu Fäulnisvorgängen in denselben Anlaß zu geben. Bei einer täglichen Abwassermenge von 1000 cbm beträgt diese in der Sekunde 11,57 Liter, während nach den Angaben der Straßen- und Wasserbauinspektion in Wolfenbüttel die Wasserführung der Radau zwischen 150—474 Liter in der Sekunde schwankt. Da die Wasserführung der Radau somit selbst zur Zeit der Wasserklemme noch immer etwa das 14fache der zu erwartenden Höchstmenge des Abwassers beträgt, so besteht die Gefahr einer etwaigen fauligen Zersetzung der Flußwassermassen nicht. Nach den an vielen Orten gemachten Erfahrungen sind städtische Abwässer, nachdem sie eine biologische Reinigung erfahren haben, ohne schädliche, von Industrien herrührende Beimengungen der Fischbrut in der Regel nicht gefährlich. Es läßt sich daher annehmen, daß das Leben der Fische in den Fischteichen in Vienenburg durch das in der biologischen Anlage geklärte, nicht mehr fäulnisfähige Wasser nicht geschädigt werden wird. Professor Dunbar hat in seinem Gutachten vom 24. Februar 1906 folgenden Versuch mitgeteilt. Ein Abwasser, wie es nach den vorliegenden Erfahrungen bei einem Wasserverbrauch von 100 Litern auf den Kopf sich seitens der Stadt Harzburg voraussichtlich ergeben wird, wurde auf einen aus Schlacken der Mathildenhütte aufgeworfenen Versuchskörper gebracht. In die Abflüsse dieses Versuchskörpers wurden am 16. Februar 1906 eine Forelle und am 17. Februar vier weitere Fische, nämlich zwei Kreuzorden (Goldorfen) und zwei Weißfische eingesetzt. Sämtliche Fische sind bis zum 24. Februar, also während 8 Tage, so lange dauerte der Versuch, vollständig munter geblieben. Professor Dunbar folgert daraus mit Recht: „daß, wenn selbst Forellen in den konzentrierten Abflüssen munter blieben, eine Gefährdung des Fischlebens durch die mit dem Radauwasser stark vermischten Abwässer der Harzburger Reinigungsanlage als völlig ausgeschlossen gelten dürfe.“ Wenn der Versuch auch nicht mit einem Abwasser angestellt ist, wie es von Harzburg nach Fertigstellung der Kanalisation tatsächlich geliefert werden wird, so dürfte gleichwohl diesem Versuch des Professors Dunbar einige Beweiskraft nicht abzusprechen sein, da das von ihm benutzte Abwasser kaum wesentlich von dem zu erwartenden Abwasser verschieden sein dürfte. Denn die Abwässer von kleineren Städten mit gleichem Wasserverbrauch ohne besondere Industrien haben erfahrungsgemäß eine ziemlich gleichartige Zusammensetzung.

Die Befürchtung einer Gefährdung der Vienenburger Fischzucht durch die Vermischung der Harzburger gereinigten Abwässer mit dem Radauwasser kann hiernach als berechtigter Einspruch gegen die Kläranlage nicht anerkannt werden.

Es bliebe mithin als einziges Bedenken gegen die Einleitung der in der Kläranlage der Stadt Harzburg gereinigten Abwässer in die Radau nur die Befürchtung bestehen, daß etwaige Krankheitskeime mit denselben den Unterliegern zugeführt werden und durch den, sei es erlaubten oder unerlaubten, Genuß oder durch die wirtschaftliche Verwendung von Radauwasser zu Erkrankungen Anlaß geben könnten. Die Möglichkeit, daß durch das in der Kanalisationsanlage gesammelte Abwasser infektiöse Keime leichter und in reichlicherer Menge als bisher der Radau zugeführt werden können, ist nicht von der Hand zu weisen. Die etwaigen, von erkrankten Bewohnern der Stadt Harzburg dem Abwasser zugeführten Keime gelangen nach Fertigstellung der Kanalisation zur Kläranstalt. Dort mögen wohl viele bei der Vorfaulung zugrunde gehen, oder auch an den Oxydationskörpern haften bleiben. Es besteht aber kein Zweifel darüber, daß sie durch das biologische Reinigungsverfahren nicht sämtlich vernichtet werden. Es können daher noch Keime in lebensfähigem Zustande die Anlage verlassen. Sie gelangen dann in die durch die Abwässer der Mathildenhütte getrübte Radau. In dieser aber sind sie durch die Trübung vor der schädigenden Wirkung des Sonnenlichtes viel besser geschützt, wie in dem nicht getrübten, klaren Radauwasser, da die keimtötende Einwirkung des Sonnenlichtes schon durch eine schwache Trübung des Wassers vollkommen aufgehoben wird. Es ist somit die Möglichkeit gegeben, daß sie in infektionstüchtigem Zustande bis nach Vienenburg gelangen und bei Verwendung des Radauwassers zu Trink- oder Gebrauchszwecken zu Infektionen Anlaß geben können.

Besteht schon diese Möglichkeit bei durchaus normalem Funktionieren der biologischen Anlage, so ist sie noch viel mehr gegeben, wenn bei etwaigen Betriebsstörungen in der Anlage das Harzburger Abwasser ungereinigt in die Radau eingelassen werden müßte. Von infektiösen Keimen, die durch das Wasser verbreitet werden können, kommen im wesentlichen nur die Cholera- und die Typhuserreger in Betracht. Da Cholera bei uns nicht endemisch ist, so ist im wesentlichen nur Typhus zu berücksichtigen.

In seinem Gutachten vom 14. April 1905 hat sich Professor Dunbar dahin ausgesprochen, daß es genügen würde, gelegentlich des Vorkommens von Epidemien geeignete Desinfektionsmaßregeln am Krankenbett vorzunehmen. Er hat auch betont, daß nirgends schärfere Anforderungen gestellt werden. Was die Desinfektion am Krankenbette anlangt, so würde dadurch der Infektionsgefahr nicht vollkommen vorgebeugt werden, da bereits vor der Feststellung der Diagnose die Krankheitskeime in das Abwasser gelangt sein können. Außerdem können durch sogenannte Bazillenträger, d. h. in der Umgebung von Typhuskranken sich befindende gesunde, aber Krankheitserreger ausscheidende Menschen, da deren Abgänge nicht desinfiziert werden, Keime in das Abwasser gelangen. Die Desinfektion der Entleerungen der ärztlich als krank ermittelten Personen bietet somit keine genügende Sicherheit dafür, daß die Abwässer zu Epidemiezeiten von Krankheitskeimen frei bleiben. Bei dem Auftreten von Epidemien würde vielmehr eine Desinfektion der gesamten Abwassermengen notwendig sein, um jede Gefahr für die Unterlieger zu beseitigen. In seinem Gutachten vom 24. Februar 1906 hat Professor Dunbar darauf hingewiesen, daß die Desinfek-

tion von städtischen Abwässern in ihrer ganzen Menge möglich und auch bei dem Harzburger Projekt ausführbar sei. Die Desinfektion städtischer Abwässer läßt sich am rationellsten und billigsten durch Chlorkalk bewirken. Nach eingehenden Untersuchungen von Professor Dunbar sollen städtische Abwässer, die in Sedimentier- oder Faulbecken mit solchen Mengen von Chlorkalk versetzt waren, daß die Erreger der Cholera und des Typhus mit Sicherheit abgetötet wurden, nach dem Aufbringen auf die biologischen Körper von dem Chlorkalk schon in den obersten Schichten so vollständig befreit werden, daß selbst die sehr empfindlichen nitrifizierenden Organismen in den tieferen Schichten der Körper ihre Tätigkeit weiter zu entfalten vermögen, und daß Fische in den Abflüssen der biologischen Körper, die mit vermittelst Chlorkalk desinfiziertem Abwasser beschickt waren, munter bleiben. Ob es angängig sein wird, schon die ungereinigten Abwässer einer Desinfektion mit Chlorkalk zu unterziehen, ohne die Wirksamkeit des biologischen Verfahrens zu beeinträchtigen, muß dahingestellt bleiben. Wenn die Desinfektion der Abwässer erst nach ihrer biologischen Reinigung vorgenommen wird, so läßt sich durch entsprechende Vorrichtungen für völlige Entfernung des freien Chlors aus den Abwässern vor ihrem Einlaß in den Vorfluter Vorsorge treffen; Schädigungen der Fische können somit verhütet werden. Die Möglichkeit einer längere Zeit hindurch fortzusetzenden wirksamen und für das Fischleben gleichwohl unschädlichen Chlorkalkdesinfektion der Abwässer der Stadt Harzburg in der projektierten Kläranlage dürfte hiernach als gegeben zu erachten sein. Es würde daher die Zulassung der Einleitung auch der geklärten Abwässer der Stadt Harzburg in die Radau an die Bedingung zu knüpfen sein, daß bei dem Auftreten von Typhus- und Choleraerkrankungen in Harzburg die gesamten Abwässer einer Chlorkalkdesinfektion unter sachverständiger Beaufsichtigung unterzogen werden.

Es wäre nun aber noch an die Möglichkeit zu denken, daß auch in Zeiten, in denen Typhuserkrankungen ärztlicherseits nicht beobachtet werden, gleichwohl Typhuskeime und sogar in recht erheblicher Menge in das Abwasser gelangen, da ja Erkrankungsfälle so leichter Art vorkommen können, daß sie nicht zur ärztlichen Behandlung, geschweige denn zur polizeilichen Kenntnis kommen, und da ferner auch gesunde Personen, Typhusrekonvaleszenten und sonstige Bazillenträger, zu ihrer Erholung Bad Harzburg aufsuchen können. An diese letztere Möglichkeit ist besonders zu denken in einem Bade, in welchem zahlreiche Menschen von den verschiedensten Gegenden her während der Sommermonate zusammenströmen. Man würde daher das Abwasser während dieser Zeit wenigstens stets als typhusverdächtig erachten müssen. Es würde daher folgerichtig zu verlangen sein, daß während der Dauer der Saison die gesamten Abwässer einer ununterbrochenen Chlorkalkdesinfektion zu unterziehen seien.

Die Infektionsgefährlichkeit des geklärten Abwassers würde als beseitigt zu erachten sein, wenn das geklärte Abwasser einer Nachrieselung über Land unterworfen würde, da durch die Bodenfiltration erfahrungsgemäß in der Regel eine ausreichende Beseitigung der Krankheitserreger gewährleistet wird. Das Vorhandensein eines Rieselgeländes würde von besonderem Werte auch dann sein, wenn durch irgend welche Störungen der Betrieb der Kläranlage unterbrochen werden müßte.

Indessen trifft das Bedenken, daß das Abwasser während der hohen Saison schon an sich als typhusverdächtig zu betrachten ist, nicht nur für Harzburg, sondern auch für viele andere Badeorte zu, und die Forderung, für alle diese Orte während der Zeit des Zuströmens der Fremden eine dauernde Desinfektion der Abwässer vorzuschreiben, dürfte als zu weitgehend zu erachten sein.

Was die Frage der Nachrieselung anlangt, so ist im vorliegenden Falle zu bedenken, daß die Einrichtung einer solchen für die Stadt Harzburg mit großen Kosten verknüpft sein würde.

4. Schlußsätze.

Das Ergebnis der dargelegten Ermittelungen und Schlußfolgerungen läßt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Die Abwässer der Stadt Bad Harzburg gelangen zurzeit ungereinigt, teils mittelbar, teils unmittelbar, in die Radau. An der Verunreinigung der Radau durch Abwässer sind jedoch in gleicher Weise wie die Stadt Harzburg beteiligt die Gemeinden Bündheim und Schlewecke, ferner die Mathildenhütte und das Gut Radau. Während der Badesaison liefert die Stadt Harzburg doppelt soviel Abwasser wie Bündheim und Schlewecke. Die Abwässer der Mathildenhütte bewirken eine Trübung des Radauwassers, die bis Vienenburg nicht verschwindet.

2. Eine Verwendung des Radauwassers zu wirtschaftlichen Zwecken findet in Vienenburg statt; trotz Verbotes wird es dort auch zu Trinkzwecken verwendet.

Wenn auch gesundheitsschädliche Wirkungen des Radauwassers in Vienenburg bisher nicht nachgewiesen worden sind, so ist doch seine Verwendung zu Trink- und Hausgebrauchszwecken als grundsätzlich unzulässig zu betrachten.

3. Klagen über eine Schädigung der Fischzucht in Vienenburg durch die bisherige Abwasserbeseitigung der Stadt Harzburg sind nicht erhoben worden.

4. Durch die Kanalisation der Stadt Harzburg wird der Eintritt von ungereinigten Abwässern in die Radau während ihres Laufes durch die Stadt beseitigt. Die Gesamtabwässer sollen, da sich der Ausführung des Rieselverfahrens erhebliche wirtschaftliche Schwierigkeiten entgegengestellt haben, einer Reinigung nach dem biologischen Verfahren unterzogen und gereinigt an einem weiter stromabwärts gelegenen Punkte in die Radau eingeleitet werden.

5. Bei der Beurteilung der projektierten Kläranlage steht in Frage, ob die Anlage nur einer Stufe von Oxydationsbeeten mit einer Oberfläche von 2000 qm und einem Inhalt von 3000 cbm genügen wird, oder ob noch eine zweite Stufe von Oxydationsbeeten erforderlich sein, oder ob außerdem noch auf eine natürliche Nachrieselung Bedacht zu nehmen sein wird.

Die Beurteilung der Frage wird dadurch erschwert, daß die Menge und die Konzentration der Abwässer Harzburgs zu keiner Jahreszeit sich auch nur annähernd schätzen und daher die Beanspruchung der Oxydationskörper der Reinigungsanlage nur schwer voraussehen läßt.

Das Ergebnis der Begutachtung kann somit kein abschließendes, sondern nur ein vorläufiges sein:

Gegen die Errichtung der projektierten Kläranlage mit einer Stufe von Oxydationsbeeten von insgesamt 2000 qm Oberfläche und 3000 cbm Inhalt ist unter der Voraussetzung nichts zu erinnern, daß die Anlage nicht eher in Betrieb genommen werden darf, als bis sie seitens der Behörde als betriebsfähig anerkannt ist, ferner unter der weiteren Voraussetzung, daß nach der Inbetriebnahme die Anlage unter eine dauernde, von der Stadt Harzburg unabhängige fachmännische Überwachung seitens der Landespolizeibehörde gestellt und außerdem durch Entnahme und chemische sowie bakteriologische Untersuchung von Proben der Abwässer und des Radauwassers unter eine genaue Kontrolle genommen wird.

Erst auf Grund der Ergebnisse einer längeren Beobachtung kann endgültig entschieden werden, ob die Anlage hinsichtlich ihrer Einrichtung und ihres Umfanges genügt, oder ob noch eine zweite Stufe von Oxydationsbeeten erbaut werden muß, oder ob außerdem noch auf eine Nachrieselung Bedacht zu nehmen sein wird.

6. Eine Schädigung der Fischerei durch die auf biologischem Wege hinreichend gereinigten Abwässer der Stadt Harzburg ist nicht zu befürchten.

7. Die schon jetzt bestehende Möglichkeit, daß Krankheitserreger durch die Abwässer von Harzburg der Radau, namentlich zu Epidemiezeiten, zugeführt werden, wird durch die geplante Kanalisation von Harzburg und durch die biologische Reinigung der dortigen Abwässer nicht beseitigt. Es ist daher zu empfehlen, daß die gesamten Abwässer beim Auftreten von Typhus oder Cholera unter sachverständiger Leitung desinfiziert werden.

Bericht über die Ergebnisse der vom 2.—14. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheines auf der Strecke Basel-Mainz.

Von

Professor **Dr. R. Lauterborn.**

Einleitung.

Nachdem die im November 1904 von seiten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes durchgeführte Probeuntersuchung des Rheines auf der Strecke Speyer-Worms[1]) den Beweis erbracht hatte, daß Herkunft, Intensität und Ausdehnung einer Flußverunreinigung sich auch hier auf biologischem Wege, d. h. aus Veränderungen der normalen Fauna und Flora, sowie durch Auftreten bestimmter „Abwasser-Organismen", sehr genau feststellen lassen, wurde auf der Konferenz in Mannheim April 1905 der Beschluß gefaßt den Rheinstrom auf der Strecke Basel-Coblenz von nun an nicht nur chemisch und bakteriologisch, sondern auch biologisch zu untersuchen. Diese Untersuchungen sollten zunächst dreimal im Jahre stattfinden; als Zeitpunkt der ersten Untersuchung wurde dann später der Oktober 1905 festgesetzt.

Am 1. Oktober 1905 fanden sich in Basel die Teilnehmer der Untersuchungsfahrt zusammen: als Vertreter des Kaiserlichen Gesundheitsamtes Herr Regierungsrat Dr. F. Schaudinn und Herr Dr. S. von Prowazek; dann Herr Professor Dr. M. Marsson von der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin, welcher als Untersucher der Rheinstrecke Mainz-Coblenz die Fahrt auf dem Oberrhein zur Orientierung mitmachte; schließlich noch der Verfasser dieses Berichtes.

Die ganze Reise war, um dies gleich vorweg zu nehmen, von dem ungünstigsten Wetter begleitet. Der Pegelstand des Rheinstromes war um diese Zeit ein recht hoher und zeigte fortschreitend steigende Tendenz. Waren dadurch die Untersuchungen oft sehr erschwert, ja in einzelnen Fällen direkt unmöglich, so war es auf der anderen Seite doch wieder interessant, festzustellen, wie die eingeführten Abwässer von der so gewaltig gesteigerten Wassermasse des Stromes aufgenommen und verarbeitet wurden.

---

[1]) R. Lauterborn: Die Ergebnisse einer biologischen Probeuntersuchung des Rheins. In: Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte. Bd. XXII, 1905, S. 630—652.

Der leichteren Übersicht halber habe ich in folgendem meine Untersuchungsstrecke in drei Teilstrecken zerlegt:

I. Strecke Basel-Straßburg, charakterisiert durch das sehr starke Gefälle des Stromes, Fehlen größerer Siedelungen dicht am Strom (auf deutschem Gebiet), Fehlen einer Großschiffahrt.

II. Strecke Straßburg-Mannheim, charakterisiert durch das stetig abnehmende Gefälle und Beginn der Großschiffahrt. Beide Strecken mit sehr zahlreichen Altwassern.

III. Strecke Mannheim-Mainz, charakterisiert durch das sehr geringe Gefälle des Stromes, wenige aber große Altwasser, sehr lebhaften Schiffsverkehr und Einführung großer Mengen von Abwässern aus dicht am Strome liegender Städte und Fabriken.

I. Strecke Basel-Straßburg.

Da es nicht opportun schien, die Untersuchungen schon auf dem fremdstaatlichen schweizerischen Gebiete zu beginnen, fuhren wir am 2. Oktober 1905 von Basel aus direkt nach dem etwa 3—4 km stromabwärts gelegenen Hüningen, der ersten Station auf deutschem Boden. Hier setzten die eigentlichen Untersuchungen ein.

1. Hüningen.

Bei der Schiffbrücke Hüningen wurde zunächst über die physische Beschaffenheit des Rheinstromes folgendes ermittelt:

Geschwindigkeit des Wassers: etwa 3 m in der Sekunde. Temperatur des Wassers 2—3 m vom rechten Ufer + 12,9 °C (Luft + 11,8 °C — 10 h. a. m.). Reaktion des Wassers sehr schwach alkalisch. Färbung des Wassers am rechten Ufer dunkel durch einen von Klein-Basel ausgehenden entlang des Ufers sich hinziehenden Schmutzstreifen; am linken Ufer erschien die Färbung des Wassers mehr gelbgrün.

Daran reihte sich die Untersuchung des

Rhein-Planktons bei der Hüninger Schiffbrücke.

A. Pflanzen.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens sehr häufig.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig.
Fragilaria crotonensis einzeln.
Asterionella gracillima einzeln.
Synedra delicatissima einzeln.
Cyclotella socialis einzeln.
Cyclotella bodanica einzeln.
Cyclotella melosiroides einzeln.
Melosira tenuis einzeln.

B. Tiere.

Protozoen. Ceratium hirundinella nicht selten.
Peridinium maeandricum einzeln.
Gonyaulax apiculata einzeln
Dinobryon sertularia }
Dinobryon divergens } mehr einzeln.
Eudorina elegans mehr einzeln.

Rotatorien. Polyarthra platyptera einzeln.
Mastigocerca capucina einzeln.
Anuraea cochlearis einzeln.
Anuraea aculeata einzeln.

Die Zusammensetzung des Planktons, wie dieselbe in der vorstehenden Liste zum Ausdruck gelangt, ist im allgemeinen recht charakteristisch für den ganzen Lauf des Oberrheins (und weiter abwärts). Überall erweisen sich Oscillatoria rubescens und Tabellaria fenestrata var. asterionelloides als die häufigsten Organismen. Da diese beiden Algen aus diesem Grunde auch bei dem Prozeß der Selbstreinigung die relativ bedeutendste Rolle von allen Plankton-Organismen spielen, dürfte an dieser Stelle die Thatsache Erwähnung finden, daß sowohl Oscillatoria als auch Tabellaria erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit dem Plankton des Oberrheins angehören. Vom Jahre 1891 an, wo ich meine Rhein-Untersuchungen begann, bis zum Jahre 1896 fehlte Tabellaria dem Strome und seinen Altwässern völlig; erst im April 1896 trat sie zum ersten Male auf. Genau in demselben Jahre erschien sie nach den Angaben von Professor C. Schröter (Schwebeflora unserer Seen, 1897, Seite 34) auch im Züricher See und zwar gleich in „exorbitanter Menge", nachdem sie vorher hier völlig vermißt worden war. Ähnlich verhielt sich Oscillatoria rubescens: sie kam zum ersten Mal April 1899 im freien Rheine bei Mannheim-Ludwigshafen zur Beobachtung, nachdem sie 1898 geradezu explosionsartig in gewaltigen Massen im Züricher See aufgetreten war. Dieses auffällige zeitliche Zusammentreffen des erstmaligen Auftretens im Züricher See und im Oberrhein in Verbindung mit dem Umstande, daß beide Algen im Plankton des Bodensees fehlen, machten es mir höchst wahrscheinlich, daß Tabellaria fenestrata sowie Oscillatoria rubescens vom Züricher See durch die Limmat und die Aare in den Rhein eingeschwemmt wurden und auch jetzt noch immer von dort aus nachgeschoben werden. Diese Wahrscheinlichkeit ward zur Gewißheit, als ich auf einer Exkursion im März 1905 feststellen konnte, daß im Oberrhein zwischen Bodensee und Basel Tabellaria erst unterhalb der Aare-Mündung auftritt.

Aus diesen Beobachtungen darf nun allerdings noch nicht der Schluß gezogen werden, daß das gesamte Plankton des Oberrheins aus dem Züricher See stammt. Auch der Bodensee ist ein unerschöpfliches Reservoir, aus dem fortwährend zahlreiche Plankton-Organismen dem Rheine zugeführt werden. Direkt nachweisen läßt sich dies für die Diatomeen Cyclotella bodanica und Cyclotella socialis, die beide dem Züricher See fehlen; für andere Formen, speziell die Diatomeen ist es zum mindesten sehr wahrscheinlich, um so mehr, als ich im März 1905 weiter noch feststellte, daß die

scheinbar so zarten und zerbrechlichen Kieselalgen, Flagellaten usw. den gewaltigen Absturz des Rheinfalles bei Schaffhausen (19 m Fallhöhe) glatt passieren.

Nach dieser kleinen Abschweifung kehren wir wieder zu dem Plankton des Rheines bei Hüningen zurück. Die in der Liste aufgezählten Organismen bildeten nur einen relativ geringen Bestandteil dessen, was das Planktonnetz in den Fluten des Stromes auffing. Weit beträchtlicher war die Masse des sog. „Pseudoplanktons“. Dazu gehören vor allem die zahllosen Sandkörnchen und Flitter von $CaCO_3$, die in dem getrübten Wasser des stark steigenden Stromes natürlich besonders angereichert sind, aber selbst den scheinbar klaren grünen Fluten des Niederwassers niemals fehlen. Zu ihm gehören auch alle jenen Pflanzen und Tiere, deren eigentliche Heimat der Grund und die Ufer des Rheines bilden, die aber von ihren natürlichen Standorten losgerissen und abgeschwemmt wurden und nun von den Wellen fortgeführt werden. Sie waren bei Hüningen besonders vertreten durch Algen (z. B. Cladophora glomerata, Chantransia usw.), Wasserpilze (Cladothrix dichotoma häufig), Boden-Diatomeen und Rhizopoden, meist in leeren Schalen (Arcella, Difflugia usw.), Infusorien (Coleps hirtus, Vorticellen-Stöckchen), Insektenreste und ähnliches. Dazu kommen noch — als Indikatoren einer weiter oben bei Basel stattgehabten Verschmutzung des Wassers — Sphaerotilus natans einzeln, Zoogloea ramigera einzeln, dann Textil- und Holzfasern, Papierreste, Gemüsereste, Farbstoffschollen (Waschblau), Zellen mit Stärkekörnern von Kartoffeln stammend, durch Gallenfarbstoffe gelb gebeizte Fragmente quergestreifter Muskelfasern, wie diese in den Faeces enthalten sind.

Die Planktonproben wurden dem Rheine bei Hüningen sowohl in der Mitte des Stromes als auch an beiden Ufern entnommen. Ein tiefer greifender Unterschied in der qualitativen Zusammensetzung des Planktons ließ sich kaum nachweisen, auch das „Pseudoplankton“ verhielt sich an beiden Ufern ziemlich gleichmäßig, was bezüglich der Verunreinigungen nicht weiter verwunderlich ist, da Basel ja beide Ufer des Rheines einfaßt; quantitativ erschien das rechte Ufer reicher.

Ein ähnliches Resultat ergab auch ein Planktonfang oberhalb der Brücke bei der Mündung des Hüninger Kanals, der zur Zeit der Untersuchung durch die Schleusen vom Rheine völlig abgeschlossen war. Hier war die Zahl der Individuen der im Plankton vertretenen Organismen, dem stilleren Wasser entsprechend, eine etwas größere als bei der Brücke, sonst aber die qualitative Zusammensetzung ganz ähnlich.

Neben dem Plankton wurde auch der Tier- und Pflanzenwelt des Grundes und der Ufer die gebührende Aufmerksamkeit geschenkt.

Vom Grunde in der Nähe des rechten Ufers brachte das Schleppnetz allerlei angeschwemmte Abfälle und ähnliches herauf: zersetzte Pflanzenfasern, Papierreste, Eierschalen, Watte; auch der Wasserpilz Sphaerotilus natans kam zur Beobachtung. Die Steine am Ufer zeigten sich an der Oberfläche mit einem feinen an $CaCO_3$ reichen Schlick überzogen. Ihre Unterseite war von Insekten, wie Fliegenlarven der Gattung Chironomus, Trichopterenlarven der Gattungen Brachycentrus und Hydropsyche, Käfer (Elmis-Arten), dann von Nematoden, kleinen Vorticellen belebt. Der Pflanzenwuchs war spärlich und auf einige blaugrüne Algen, sowie Räschen der Gattung Chantransia beschränkt.

Eine recht reiche Algenvegetation wucherte an den Pontons der Schiffbrücke. Wie nasse Haarsträhne fluteten hier die freudig grünen bis 12 cm langen Rasen von Cladophora glomerata in dem reißenden Wasser auf und nieder, da und dort unterbrochen von Stigeoclonium- und Ulothrixfäden. Von festsitzenden Diatomeen waren die Zickzackketten von Diatoma vulgare am reichlichsten vertreten. Im Gewirre dieser Algen lebte eine recht charakteristische Tierwelt des strömenden Wasser, wie wir sie schon an den Ufersteinen fanden: Larven von Hydropsyche und Chironomus, Elmis als Larve und Imago, Ephemeridenlarven, dann einzelne Borstenwürmer von der Gattung Chaetogaster sowie einzelne Nematoden.

2. Strecke Hüningen-Neuenburg (2. Oktober 1905).

Nach dem Abschluß der Untersuchungen bei Hüningen wurde die Fahrt stromabwärts fortgesetzt. Die nächste Station war die Mündung der Kander. Dieser aus dem Schwarzwald herabkommende Bach fällt in mehreren Kaskaden über große gerollte Steine in den Rhein; von festsitzenden Organismen wurden hier eine Anzahl Ancylus fluviatilis, dann noch ein kleiner Limnaeus, sowie der unvermeidliche Gammarus pulex erbeutet. Das Wasser war ziemlich klar; Verunreinigungen konnten keine nachgewiesen werden.

Unterhalb der Kandermündung wurde eine Planktonprobe dem Rhein entnommen. Die Zusammensetzung war eine ähnliche wie bei Hüningen, die Zahl der Arten eine etwas höhere, indem von Rädertieren noch Anapus ovalis und Gastrochiza truncatum dazukamen. Es dürfte dieses Neuauftreten sowie die etwas größere Häufigkeit der einzelnen Formen im allgemeinen wohl darauf zurückzuführen sein, daß nach der Karte gleich oberhalb der Kandermündung sich einige kleinere Altwasser befinden. Sehr reich war das „Pseudoplankton": viel Detritus aller Art, daneben noch deutlich nachweisbare Verunreinigungen durch Baseler Abwässer in Gestalt von Stärkezellen und -körnern, blauen Farbstoffschollen, durch Galle gelbgebeizte Stückchen von Muskelfasern usw.

Um nun auch schon auf dieser Strecke einen Einblick in die bei der Selbstreinigung so wichtigen Altwasser zu erhalten, wurde am Fuße des Isteiner Klotzes der Altrhein von Bellingen, das sog. „Galgenloch", angefahren. Das Wasser war im Gegensatz zu den gelbbraunen Fluten des Rheines von grüngrauer Farbe, am Rande von Schilf (Phragmites communis) umsäumt. Hier ergab sich folgendes

Plankton des Altrheines bei Bellingen.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens sehr häufig.
Chroococcus limneticus einzeln.

Diatomeen. Tabellaria fenestratata var. asterionelloides sehr häufig.
Synedra delicatissima nicht selten.
Asterionella gracillima nicht selten.
Cyclotella comta var. einzeln.
Cyclotella socialis einzeln.
Fragilaria crotonensis sehr einzeln.
Melosira tenuis einzeln.

Chlorophyceen. Botryococcus Braunii einzeln.

Protozoen. Synura uvella sehr einzeln.
Ceratium hirundinella hinten 2 u. 3 hörnig, nicht sehr selten.
Eudorina elegans einzeln.
Codonella cratera einzeln.
Coleps viridis einzeln.

Rotatorien. Synchaeta pectinata einzeln.
Polyarthra platyptera einzeln.
Gastroschiza flexilis einzeln.
Anapus ovalis einzeln.
Anuraea cochlearis nicht sehr selten.
Anuraea aculeata einzeln.

Vom „Pseudoplankton“ waren Surirella splendida vom Boden besonders häufig, dann Melosira varians, Tabellaria flocculosa usw.

Wie man sieht, ist das Plankton recht reich; Oscillatoria rubescens und Tabellaria fenestrata var. asterionelloides entwickeln sich hier in den stillen Buchten zu Individuenmengen, wie sie im freien Strome kann beobachtet werden.

Um 3 Uhr ward das Ziel des ersten Tages: Neuenburg, erreicht.

Zusammenfassendes über die Verunreinigung des Rheines auf der Strecke Basel-Neuenburg.

Schon der direkte Augenschein auf der Bootfahrt Basel-Hüningen ließ erkennen, daß das volkreiche Basel Abwässer der verschiedensten Art dem Rheine zuführt, die z. T. als dunkler Streifen entlang des Ufers bis nach Hüningen (3—4 km) zu verfolgen waren, wo die verschiedenen Planktonproben bei der Schiffbrücke eine nicht unbeträchtliche Verschmutzung des Stromes auf das deutlichste zur Anschauung brachten. Von hier an nahm die Verschmutzung mehr und mehr ab, aber immerhin langsamer als man von vornherein vielleicht erwarten sollte, da noch 9 km unterhalb Basel, bei der Kandermündung, Stärkekörner, Farbstoffschollen aus den Hausabwässern, ja selbst noch gelbgebeizte Muskelfasern nachzuweisen waren, die, da hier eine Schiffahrt fehlt, nur aus den in Basel eingeleiteten Fäkalien stammen können. Bei Neuenburg (nach der Karte etwa 32 km unterhalb Basel) war, wenn man nicht einige Textil- und Zellulosefasern als „Verschmutzung“ betrachten will, der normale Zustand wieder eingetreten[1]).

3. Strecke Neuenburg-Alt-Breisach (3. Oktober 1905).

Der Rhein ist bei der Schiffbrücke Neuenburg seit gestern um 10 cm gestiegen; er soll hier gegenwärtig nach den Angaben des Brückenmeisters die gewaltige Geschwindigkeit von 4,5 m haben! Weiter ergab sich: Temperatur des Wassers am rechten Ufer (9 h a. m.) + 12,8 ° C., Luft + 8,4 ° C., Sichttiefe: 36 cm, Wasser nach fünf Minuten schwach alkalisch reagierend.

---

[1]) Man wolle hier und auf den folgenden Seiten nie vergessen, daß alle diese Beobachtungen über den Grad und die Ausdehnung der Verschmutzungen bei einem recht hohen Wasserstande des Rheines gemacht wurden!

Das Plankton enthielt unterhalb der Schiffbrücke Neuenburg neben einer nicht sehr reichen Individuenzahl der früher aufgezählten Organismen recht beträchtliche Mengen von mineralischem und organischem Detritus, so. B. Zellulose- und Textilfasern, Moosfregmente, losgerissene Algen (Chantransia) usw.

Reicher an Organismen erschienen die flutenden Rasen der Cladophora glomerata an den Pontons der Schiffbrücke, die mit Diatomeen (Cocconeis, Gomphonema usw.) sowie dem Pilze Leptothrix parasitica bewachsen waren. Von Insekten fanden sich hier neben vereinzelten jungen Ephemeridenlarven die Larven von Rhyacophila und Hydroptila, beides Formen, die strömendes reines Wasser lieben.

Die Steine am Ufer waren an ihrer Oberfläche mit einem starken an kohlensaurem Kalke sehr reichen gelbbraunen Schlick bedeckt, der da und dort von einer blaugrünen Alge: Phormidium inundatum (nach Angabe des Herrn Professor Dr. M. Marsson) durchsponnen war. Die Unterseiten der Steine waren mit gekielten sandinkrustierten Röhren der Fliegenlarve Chironomus beklebt, neben Larven von Hydroptila, Baëtis usw.

Auf dieser Strecke werden die Altrheine, die letzten Reste der vor der Stromkorrektion gerade hier einst wildstromartig zerfaserten Rinnsale des Rheins immer häufiger. Näher untersucht wurde der Altrhein bei Hartheim (rechtes Ufer), dessen Wasser durch Auwälder und Weidendickichte hinfließt. Der Boden ist streckenweise mit großen Kieseln bedeckt, die mit Rasen von Spirogyra überkleidet waren. Unter ihnen lebten die schon vom Rheine her bekannten Trichopterenlarven wie Hydroptila und Rhyacophila; auch Gammarus pulex fehlte nicht. Eine Hirudinee (Clepsine marginata) barg schöne fast Spirochaete-artige Trypanosomen.

Die Durchsichtigkeit des freien Wassers war mit 75 cm Sichttiefe weit beträchtlicher als im offenen Strome. Auch das Plankton war in diesem langsam strömenden Seitenarm viel reicher entwickelt; wie die folgende Aufzählung zeigt, nicht so sehr in qualitativer als in quantitativer Hinsicht.

Plankton des Altrheins bei Hartheim.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens sehr häufig.
	Coelosphaerium spec. einzeln.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig, überwiegend!
	Asterionella gracillima nicht selten.
	Fragilaria crotonensis nicht selten.
	Synedra delicatissima mehr einzeln.
	Melosira tenuis einzeln.
	Cyclotella comta nicht sehr selten.
	Cyclotella socialis mehr einzeln.
Protozoen.	Eudorina elegans einzeln.
	Dinobryon sertularia einzeln.
	Gonyaulax apiculata einzeln.
	Ceratium hirundinella hinten 3 und 2 hörnig, nicht selten.

Rotatorien. Mastigocerca pusilla einzeln.
Polyarthra platyptera einzeln.
Mastigocerca capucina mit schlauchförmigen Parasiten, einzeln.
Anapus testudo einzeln.
Anapus ovalis einzeln.
Anuraea cochlearis einzeln.
Anuraea aculeata einzeln.
Notholca longispina einzeln.
Crustaceen. Bosmina cornuta vereinzelt.

Gegen 3 Uhr landeten wir in Altbreisach. Eine Verunreinigung des Rheinstromes war auf der heute durchfahrenen Strecke nicht zu konstatieren.

4. Strecke Alt-Breisach-Kehl (Straßburg) 4. Oktober 1905.

Infolge des anhaltenden Regens ist der Rhein bei der Schiffbrücke Alt-Breisach vom 3. Oktober Mittags bis zum 4. Oktober Morgens um 50 cm gestiegen! Sichttiefe (etwas weiter unterhalb bei der Limburg gemessen) 23 cm. Temperatur des Wassers + 12,7 ° C., der Luft + 13 ° C.

Auf der heutigen großen Strecke wurden nicht weniger als 5 Schiffbrücken passiert: nämlich die Brücke von Alt-Breisach-Neu-Breisach, Sasbach-Markolsheim, Weisweil-Schönau, Kappel-Rheinau, Ottenheim-Gersheim; alle diese Brücken wurden, soweit es anging, untersucht, da ihre Pontons (bei jedem Wasserstand zugängliche!) Fixationspunkte etwa vorkommender Abwasserorganismen abgeben können und weiterhin der kaum je fehlende reiche Moos- und Algenbesatz gewissermaßen als Schlammfänger wirkt, der gar manches von dem, was den Strom hinabtreibt, festzuhalten vermag. Es würde ermüdend wirken, wollte ich an dieser Stelle die recht gleichartige Fauna und Flora dieser Brücken nacheinander im einzelnen aufführen. Es mag darum zusammenfassend hier nur bemerkt werden, daß die Pontons dieser Brücken alle mit z. T. oft recht üppigen flutenden Rasen von Cladophora glomerata besetzt waren, denen sich an der Brücke Sasbach-Markolsheim (aber auch anderwärts) ein Wassermoos (Cinclidotus fontinaloides) zugesellte. Von kleineren Algen waren die Gattungen Stigeoclonium, Chaetophora, Spirogyra usw. vertreten. Diatomeen als Epiphyten der größeren Algenrasen waren hier entschieden seltener als weiter abwärts am Oberrhein, beispielsweise in der Gegend Mannheim-Ludwigshafen; am häufigsten war noch Diatoma vulgaris, Cocconeis pediculus. Dazu kamen noch einige in das Algengewirre eingeschwemmte Planktonorganismen wie Pediastrum pertusum und kleine Cyclotellen. Von Tieren waren die Insektenlarven am häufigsten vertreten, so vor allem die Larven von Chironomus, dann die von Hydroptila in ihren charakteristischen etuiförmigen Gehäusen, Elmiden als Larven und Käfer, speziell die Gattung Elmis selbst. Von Würmern fehlten nie Rotatorien der Gattung Philodina (Ph. erythrophthalma, Ph. roseola), dann Oligochaeten (Chaetogaster) und Nematoden. Eigentliche Abwasser-Organismen wurden hier nirgends bemerkt.

Plankton-Proben wurden auf dieser Strecke dem Rhein entnommen bei Breisach, bei der Limburg und bei der Schiffbrücke Weisweiler-Schönau. Es wurden überall dieselben Arten beobachtet, die schon früher aufgezählt wurden, so daß von einer Wiedergabe der einzelnen Listen wohl abgesehen werden darf. Auch hier fehlte jede Spur von Verunreinigung.

Von den Altwassern wurde zunächst der Altrhein bei der Burg Sponeck untersucht. Auch hier fand sich, wie zu erwarten, das übliche Rheinplankton; neu hinzu kam nur ein Infusor, Didinium nasutum. Am Boden wurde eine Mermislarve gefunden, die sehr wahrscheinlich in den Chironomuslarven parasitiert, ferner einige Nephelis vulgaris, von denen eine näher untersuchte den Darm mit Diatomeen (Gomphonema), Chironomuslarven und Crustaceenresten gefüllt hatte.

Ein etwas verschiedenes Bild von den bisher besuchten Altwassern, die sich alle durch die Anwaldungen hinziehen, bot der Altrhein bei Goldscheuer, südlich von Kehl, der sich in einem weiten Wiesengelände ausbreitet. Sein dem Rheine genäherter Teil war mit dem trüben gelbbräunlichen Wasser des Stromes erfüllt; im oberen blindgeschlossenen Ende stagnierte das Wasser und zeigte darum eine ziemlich klare grüngraue Färbung. Das Plankton hier war recht reich.

Plankton des Altrheins bei Goldscheuer.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens sehr häufig.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig.
	Asterionella gracillima nicht selten.
	Fragilaria Crotonensis mehr einzeln.
	Synedra delicatissima einzeln.
Protozoen.	Synura uvella einzeln.
	Eudorina elegans einzeln.
	Ceratium hirundinella nicht selten.
	Peridinium tabulatum einzeln.
	Gonyaulax apiculata einzeln.
	Coleps viridis einzeln.
Rotatorien.	Synchaeta tremula mehr einzeln.
	Polyarthra platyptera nicht selten.
	Anapus testudo einzeln.
	Anuraea cochlearis nicht selten.
	Anuraea aculeata einzeln.
	Notholca longispina einzeln.
Crustaceen.	Cyclops spec., Nauplien und junge Tiere nicht selten.

Daneben eine Anzahl Bodenformen, von denen unter den Diatomeen Tabellaria flocculosa, die nicht selten war, zu nennen wäre. Von Rotatorien Pterodina patina und Pterodina bidentata.

Auf der ganzen Strecke Hüningen-Kehl erhält der Rhein auf dem linken Ufer keinen einzigen nennenswerten Zufluß, da die aus den Vogesen strömenden Bäche von

der Ill, die bei Straßburg mündet, abgefangen werden. Auf der rechten Seite ist es anders. Hier haben wir von Zuflüssen die Kander, Neumagen, Elz und Leopolds-Kanal und später bei Kehl selbst noch Schutter und Kinzig. Von den oberhalb Kehl mündenden Zuflüssen schien uns der Leopolds-Kanal am wichtigsten, da er die vereinigten Wasser der Elz und Dreisam — welche letztere die Stadt Freiburg i. B. durchströmt — dem Rheine zuführt und zwar in der Gegend zwischen den Schiffbrücken: Weisweil-Schönau und Kappel-Rheinau. Das Plankton des Leopolds-Kanal war sehr reich an organischem Detritus, gegen welchen — ganz im Gegensatz zum strömenden Rhein — die mineralischen Bestandteile ganz zurücktraten. Eigentliche Planktonorganismen fehlten vollständig. Was sich von lebenden Pflanzen und Tieren fing, waren alles Formen des Bodens, wie vor allem Algen (Chantransia, Conferva, Mougeotia, Zygnema, Cladophora, Stigeoclonium.) Diatomeenpanzer (leer), dann einige Cladothrix-Räschen; von Tieren Heliozoen der Gattung Acanthocystis, Rhizopoden wie Difflugia, Centropyxis aculeata und einige Chironomuslarven.

Diese Untersuchung erstreckte sich bis zu ungefähr 1 km oberhalb der von Anwäldern umrahmten Kanalmündung. Charakteristische Abwasserorganismen oder eigentliche Verunreinigungen konnten auf dieser Strecke nicht nachgewiesen werden.

II. Strecke Kehl-Strassburg-Mannheim.

Bei Kehl wurden am 5. Oktober 1905 im Rheine beobachtet: Temperatur des Wassers + 12,1 ° C., der Luft 11,5 ° C. Sichttiefe 30 cm. Reaktion des Wassers: nach 5 Minuten schwach alkalisch, nach einer Viertelstunde stärker.

1. Die Verunreinigung des Schutter-Kanales bei Kehl.

Eine wichtige Aufgabe, die unserer Untersuchungsfahrt oblag, war eine genauere Feststellung der Verunreinigung der Schutter bezw. des Schuttermühlkanals unterhalb Kehl. Der Schutterbach kommt aus dem Schwarzwald und fällt oberhalb des Dorfes Kehl in die Kinzig. Nahe der Mündungsstelle ist von der Schutter ein künstlich angelegter Kanal abgezweigt, der Schutter-Mühlkanal, der die Abwässer der Kehler Fabriken, vor allem diejenigen einer Zellulosefabrik und einer Kunstwollefabrik aufnimmt und, hart neben der Kinzig dahinziehend, oberhalb der Mündung der letzteren in den Rhein tritt.

Die Mündung des Schutterkanals in den Rhein zeigte uns am 5. Oktober 1905 das Bild einer hochgradigen Verschmutzung. Das Wasser war tief dunkel gefärbt und scharf von dem gelbgrauen des Rheines geschieden. Überall an Steinen, Wurzelwerk usw. hingen die schleimigen Rasen des Abwasserpilzes Sphaerotilus natans, Fusarium, untermischt mit massenhaften Zellulose- und Textilfasern, und belebt von zahlreichen saprophilen Infusorien wie Colpidium colpoda, Glaucoma scintillans, Paramaecium putrinum usw. Der Schlamm am Boden, von Schwefeleisen tintenschwarz gefärbt, lieferte abgesiebt als Rückstand sehr beträchtliche Mengen graufädiger Textil- und Zellulosefasern. Von lebenden Wesen war in dieser stinkenden faulenden Masse makroskopisch gar nichts zu bemerken.

Nun wurde der Kanal selbst bis etwa 1,5 km weit aufwärts befahren. Bis etwa 1 km weit aufwärts war der Rückstau des hochgehenden Rheines wahrnehmbar. Auf der ganzen Strecke traten überall die Zeichen der starken Verschmutzung hervor. Die Oberfläche des Wassers war vielfach mit schillernden Ölhäuten überzogen; zusammengeschwemmte Wasserlinsen von Sphaerotilus durchwuchert trieben dahin. Am Boden des Kanals waren die Kieselsteine geschwärzt und der Schlamm überall mit den Zellulose- und Textilfasern durchsetzt. Von Abwasser-Infusorien lebten hier Paramaecium putrinum, P. Aurelia und Stylonychia pustulata. Das Plankton des Kanales enthielt ebenfalls große Mengen von Zellulosefasern als Hauptbestandteil; Mycelfäden von Schimmelpilzen waren nicht selten. Eigentliche Planktonorganismen fehlten völlig; was sich sonst von lebenden Organismen fand, waren von oben hergeschwemmte Formen des Bodens wie z. B. Closterium acerosum, viele Diatomeenpanzer der Gattung Surirella, meist leer, dann einige Vorticellen, Arcella vulgaris und kleine Nematoden.

Die Reaktion des Wassers, in welchem beim Einstoßen der Ruder allenthalben Gasblasen aus dem Schlamm aufstiegen, war stets neutral.

Wie weit diese Verschmutzung des Schutterkanales im Rheine selbst wirksam ist, geht daraus hervor, daß die Rasen des Abwasserpilzes Sphaerotilus natans im Rheine bis etwa 450 m unterhalb der Kanalmündung nachzuweisen waren und dies bei einem recht hohen Wasserstand und der dadurch bedingten stärkeren Verdünnung der eingeführten Abwässer.

Daß die Verunreinigung des Schutterkanales und die daran anschließende des Rheines in erster Linie auf Rechnung der Abwässer der Zellulosefabrik Kehl, die nach dem Sulfit (Mitscherlich-) Verfahren arbeitet, und in zweiter Linie auf Rechnung der Kunstwollefabrik zu setzen ist, ergibt zur Genüge wohl daraus, daß oberhalb dieser Fabriken die Verhältnisse des Kanales durchaus normale sind: das Plankton enthielt bei der Brücke eine ziemlich stattliche Reihe von Organismen, zum größten Teil Bodenformen von Algen, Oscillatoriafäden, Merismopedium convolutum, Äste von Cladophora glomerata mit Cocconeis, Pediastrum Boryanum, von Diatomeen Fragilaria virescens, Panzer von Surirella, Tabellaria flocculosa; von Protozoen Arcella vulgaris, Vorticellen, Trichodina pediculus; von Rotatorien Polyarthra platyptera (Planktonform), Rotifer vulgaris, Monostyla lunaris; von Crustaceen Ostracoden, Daphniden (Alona), Nauplien von Cyclopiden; von Würmern Cercarien, wohl aus Schnecken stammend, Nematoden, Chaetogaster; von Insekten Eier und Larven von Chironomus. Daneben, wie zu erwarten, sehr viel mineralischer und organischer Detritus.

Die Organismen der nicht verunreinigten Strecke des Schutterkanals stammen weiter oben her, aus der nicht korrigierten Schutter. Hier ließen sich dieselben in reichlicher Zahl im Schlamme zwischen den Pflanzen am Ufer nachweisen. Das hier gefischte Plankton zeichnete sich vor allem durch seinen Reichtum an Diatomeenschalen aus, besonders von solchen aus der Gattung Surirella. Besonders häufig war Surirella splendida, S. biseriata, auch die seltenere S. calcarata (S. Capronii) kam vor, weiter Melosira varians, Nitzschia sigmoidea, Synedra radians. Von Pilzen Cladothrix dichotoma.

Fassen wir auf Grund dieer Untersuchungen das Urteil über die Verunreinigung des Schutterkanales zusammen, so können wir feststellen: Der Schutterkanal ist von seiner Mündung an auf eine Strecke von mindestens 1,5 km stromauf sehr stark verunreinigt und zwar in erster Linie durch Abwässer der Zellulosefabrik Kehl. Auch die Kunstwollefabrik Kehl ist an der Verunreinigung beteiligt. Im Kanale selbst machte sich die Verunreinigung am 5. Oktober 1905 besonders in dem Rückstaugebiet bemerkbar; im strömenden Rheine war sie durch die Anwesenheit festsitzender Rasen des Abwasserpilzes Sphaerotilus natans etwa einen halben Kilometer weit direkt nachzuweisen.

2. Kinzig.

Bei der Untersuchung der Schutter lag es nahe, die benachbarte Kinzig, die als ein im Unterlauf kanalisiertes stattliches Schwarzwaldflüßchen bei Kehl in den Rhein fällt, als Vergleichsobjekt heranzuziehen. Die Untersuchung ergab die Abwesenheit aller Abwasserorganismen. Das Plankton war sehr reich an Detritus aller Art und führte daneben noch losgerissene Algenräschen von Chantransia, Confervafäden, weiter Euglena spec., Vorticellen, Euchlanis, Chydorus sphaericus sowie Reste von Crustaceen- und Insektenpanzern mit sich. Eigentliche Planktonorganismen fehlten völlig.

3. Die Ill bei Straßburg (6. Oktober 1905).

Da Straßburg, eine Stadt von weit über 150000 Einwohnern, seine Abwässer der Ill zuführt und zwar an einer Stelle, die 17,8 km oberhalb deren Mündung in den Rhein liegt, so schien es für uns von Interesse auch diesen bedeutendsten linksseitigen Zufluß des Oberrheins in den Kreis unserer Untersuchung zu ziehen. Dies geschah am 6. Oktober 1905.

Um die biologischen Vorgänge bei der Aufnahme und Verarbeitung so großer Abwassermengen richtig beurteilen zu können, war es nötig, zunächst ein Bild der noch nicht verunreinigten Ill zu erhalten. Zu diesem Zwecke wurde die Ill-Untersuchung oberhalb Straßburg, bei der Einmündung der Breusch begonnen.

Die Breusch entspringt in den mittleren Vogesen. Sie führte ein bräunliches Wasser, das sich scharf von dem mehr graugelben der Ill abhob. Das Planktonnetz lieferte neben vielem Detritus auch ziemlich viele Organismen, die vom Boden oder von den Ufern abgespült worden waren, so z. B. von Algen Oscillatoriafäden, Spirogyra, Conferva, Closterium, Pediastrum pertusum, Ped. Boryanum; von Diatomeen Melosira varians, Diatoma vulgare, Cymatopleura elliptica, Campylodiscus noricus, Surirella splendida, Sm. calcarata (S. Capronii), Nitzschia sigmoidea. Von Tieren fanden sich Nauplien von Copepoden, einige Daphniden (Alona guttata, Alona testudinaria), sowie Chironomidenlarven. Eigentliche Planktonorganismen wurden nicht gefischt.

Ganz anders war das Ergebnis in der Ill. Hier fand sich ein echtes Plankton, das völlig dem des Rheines glich, wie folgende Liste zeigt.

Plankton der Ill oberhalb Straßburg (6. Oktober 1905).

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens häufig.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig.

Asterionella gracillima nicht selten.
Synedra delicatissima mehr einzeln.
Fragilaria crotonensis mehr einzeln.
Melosira tenuis einzeln.
Cyclotella comta var. einzeln.
Stephanodiscus astraea sehr einzeln.
Protozoën. Dinobryon sertularia einzeln.
Ceratium hirundinella sehr vereinzelt.
Rotatorien. Polyarthra platyptera einzeln.
Anuraea cochlearis einzeln.

Daneben viel Detritus und Bodenformen, unter diesen zwei Daphniden, nämlich Alona costata und Monospilus tenuirostris.

Das Vorkommen so typischer Rheinplankton-Organismen in der Ill in einer solchen Entfernung von der Mündung derselben war so auffallend, daß sogleich der Gedanke auftauchte, es müsse die Ill weiter oberhalb irgend eine Zufuhr von Rheinwasser erhalten. Diese ausgesprochene Vermutung fand denn auch sogleich die Bestätigung von seiten der uns begleitenden Herrn des Wasserbauamtes, die berichteten, daß seit einigen Jahren die Ill durch einen bei Gerstheim vom Rheine abzweigenden Kanal gespeist werde. Gewiß ein ganz instruktiver Fall, wie aus dem Vorkommen bestimmter Organismen ein direkter Schluß auf die Herkunft des von ihnen bewohnten Wassers gezogen werden konnte.

Nachdem am Zusammenfluß von Ill und Breusch die Temperatur des Wassers mit 11,5° C. (Luft 10,5° C.) festgestellt und die Reaktion des Wassers als eine nach 5 Minuten schwach alkalische befunden worden war, traten wir die Untersuchungsfahrt Ill-abwärts an. Im Verlauf dieser Fahrt, welche durch Straßburg hindurch, vorbei an der Einmündung der städtischen Abwässer bis nach Wanzenau führte, wurde mit Hilfe von Planktonfängen und Schleppnetzzügen auf einer ganzen Reihe von Stationen der biologische Zustand der Ill festgestellt. Die hierbei aufgenommenen Protokolle, ergänzt durch die spätere mikroskopische Analyse des gesammelten Materiales, dürften, aneinander gereiht, ein ganz anschauliches Bild sowohl der Verschmutzung als auch der später stattgreifenden Selbstreinigung der Ill geben.

I. Ill oberhalb Straßburg, unmittelbar unterhalb der Breuschmündung. Der Boden des Flusses ist mit zahlreichen großen gerollten Kieseln bedeckt, an denen (ebenso wie an Muschelschalen) inkrustierende dünne braune Häute auffallen, die oft die Größe eines Talerstückes erreichen können. Diese Häute erwiesen sich als Thallus einer Phaeophycee, einer Braunalge, deren Vertreter vorherrschend marin sind und nur in sehr wenigen seltenen Formen in das Süßwasser eindringen. Die in der Ill gefundene Alge, soweit sich dies jetzt ohne Kenntnis ihrer Fortpflanzungsorgane ermitteln ließ, dürfte zu der Gattung Lithoderma (L. fontanum) gehören[1]. Neben diesen

---

[1]) Zusatz bei der Korrektur. Inzwischen von dem Entdecker des Lithoderma fontanum, Herrn Prof. Flahault-Montpellier auf Grund der ihm von mir gesandten Präparate bestätigt. Seitdem habe ich Lithoderma auch in der Tiefe des strömenden Rheins an zahlreichen Orten gefunden.

braunen Krusten und öfters von ihnen überwuchert, fanden sich auch zarte rosafarbene Häute, welche einer Floridee, nämlich der Hildenbrandia rivularis angehörten, einer Alge, deren eigentliche Heimat die klaren Bäche der Gebirge sind. Auch kleine grüne Cladophoraräschen waren nicht selten. Als Vertreter der Tierwelt brachte das Schleppnetz zahlreiche Muscheln der Gattung Anodonta und Unio (U. batavus) herauf, ferner die Schnecken Physa fontinalis, Neritina fluviatilis. Sehr häufig war ein Fischegel Nephelis vulgaris, dessen Cocons überall an den Steinen klebten. Von Insekten die unvermeidlichen Chironomuslarven.

II. Ill beim Mühlbach mit Abwässern von Königshofen. Viel Schlamm am Boden, mit Ceratophyllum demersum bewachsen. Fauna ärmlich, am zahlreichsten Asellus aquaticus. Keine eigentlichen Abwasserorganismen in der Ill selbst.

III. Ill zwischen den Fortifikations-Schleußen 110—113. Plankton ähnlich wie oben, dazu noch ein schönes Exemplar von Cyclotella socialis mit etwa 20 Einzelzellen. Viel mineralischer Detritus und zahlreiche Bodenformen, die schon oben bei der Breusch genannt wurden. Viel Cladothrix, einzelne treibende Sphaerotilus. Der Boden der Ill ist schlammig, mit Pflanzen, besonders der Wasserpest (Elodea canadensis) bewachsen; Spirogyra crassa nicht selten. Im Schlamme leben gesellig viele Borstenwürmer, Tubificiden der Gattung Limnodrilus, zahlreiche kleine Muscheln (Sphaerium corneum). Larven von Sialis lutaria, Egel (Clepsine sexoculata, Nephelis vulgaris), dann Asellus aquaticus. — An den algenbekleideten Wänden der Schleusenkammern hängt die Muschel Dreyssensia polymorpha klumpenweise; die Schnecken sind durch Bythinia tentaculata vertreten. Spongillen (Spongilla lacustris) sind nicht selten, mehrfach von der interessanten Larve der Sisyra fuscata bewohnt. Gammarus fluviatilis ist häufig.

IV. Weiter abwärts mündet rechts eine Dole vom Spitale her. Daß durch diese organische fäulnisfähige Abwasser in die Ill gelangen, geht aus der sehr üppigen Entwicklung von Sphaerotilus natans in der Nähe der Dolenmündung hervor. Am Boden der Ill gedeiht Ceratophyllum; die Steine sind mit Spongillen bekleidet; Neritina fluviatilis, die Larve von Hydropsyche sind nicht selten. Fische leben ebenfalls hier, da ein kleiner Gobio fluviatilis in das Netz geriet.

V. Wilhelmer Brücke. In der Illmitte am Boden reiches Tierleben, besonders an Schnecken (Paludina vivipara, Valvata piscinalis, Physa fontinalis), dann Clepsine, Gammarus fluviatilis, Asellus aquaticus. An den Steinen kleine Räschen von Sphaerotilus.

VI. Königsbrücke. Am Boden der Ill Kies mit Abfällen aller Art, Pflanzenresten usw. Einige Büschel des Wassermooses Fontinalis antipyretica; von Tieren einige Nephelis und Hydropsychelarven.

VII. Abzweigung der Aar. Der Boden der Ill mit schwach riechendem Schlamme bedeckt, reich an Wasserpflanzen (Elodea canadenis, Ceratophyllum). Dazwischen viele Mollusken (kleine Anodonta, Valvata piscinalis, Paludina vivipara), dann Gammarus fluviatilis, Asellus aquaticus, Larven von Brachycentrus, Nephelis vulgaris. Im Schlamme viele Tubificiden der Gattung Limnodrilus.

VIII. Universitätsbrücke. Unterhalb derselben brachte das Schleppnetz nur blanken Kies zutage.

IX. Illtor. Vor dem Tor am Grunde zahlreiche Spongillen und die seltene Wasserwanze Aphelochira aestivalis. Hinter dem Tore im Stauwasser zeigt sich die Reaktion des Wassers stärker alkalisch als früher. Auch hier ist der Boden reich an Pflanzen (Elodea, Ceratophyllum, Fontinalis). Von Tieren die bereits früher erwähnten (auch hier Limnodrilus und Sialis im Schlamme häufig), daneben noch Dendrocoelum lacteum. Das Plankton hier ist ziemlich reich, aus eigentlichen Planktonformen, die bereits am Eingang dieses Abschnittes aufgezählt wurden, sowie aus zahlreichen Bodenformen gemischt. Unter den letzteren waren zahlreiche Pilzfäden (Sphaerotilus), Algen (Spirogyra crassa, Chantransiaäste), Diatomeen (Nitzschia sigmoidea), Protozoen (Arcella vulgaris, Coleps hirtus), Rotatorien (Euchlanis, Noteus quadricornis), Würmer (Chaetogaster), Crustaceen (Nauplien, Alona costata, Canthocamptus usw.).

Ein ganz ähnliches Plankton fand sich auch unterhalb der Schleuse, oberhalb der Einmündung der städtischen Abwasser.

X. Mündung der Abwässer der Stadt Straßburg. Dieselben strömen eine ziemliche Strecke unterhalb der Stadt auf dem linken Ufer der Ill ein. Das Wasser ist hier stark getrübt, stinkend, und macht den Eindruck, als wenn die Abwässer nur sehr mangelhaft mechanisch vorgereinigt wären. Alles Balkenwerk im Bereich der Abwässer ist dicht mit kurzen Rasen von Sphaerotilus natans bekleidet, die von Bakterien, Abwasser-Infusorien (wie Paramaecium putrinum, Colpidium colpoda, Chilodon cucullulus usw.) wimmeln. Sehr häufig ist auch Zoogloea ramigera, dann Beggiatoa alba in kreidigen Filzen, ferner Räschen von Schimmelpilzen usw. Sonstige Organismen waren schwächer vertreten; notiert wurden Rotifer vulgaris, sowie die roten Larven von Chironomus. Das Planktonnetz ergab nur relativ wenige der eigentlichen Formen des freien Wassers, dagegen, wie zu erwarten, große Mengen von Detritus aller Art, so u. a. zahlreiche Haare, Wollfasern, Textilfasern, dann gelbgebeizte Muskelfasern, Stärkezellen usw.

XI. Abwasser des Dolen von Schiltigheim. Auch hier stark verschmutztes Wasser mit aufsteigenden Gasblasen. Viel Sphaerotilus. Letzterer Abwasserpilz hängt am Schilf und anderen Pflanzen des Ufers in langen großen schlüpfrigen Strähnen; er ist in kaum verminderter Üppigkeit etwa 300 m flußabwärts zu verfolgen. Hier beginnt er abzunehmen, ist aber noch in ungefähr 900 m direkt makroskopisch am linken Ufer nachzuweisen.

XII. Abwässer von Bischheim und Hohesheim, die durch mehrere Stärkefabriken (Weizenstärke) verunreinigt sind. Der in der Ill abgelagerte Schlamm hat einen stinkenden Geruch und läßt makroskopisch nichts Lebendiges erkennen.

XIII. Ill beim Fort Fransecki und Wanzenauer Wehr (8 km abwärts der Straßburger Abwässer). Der Boden des Flusses ist weithin mit üppigen Beständen von Wasserpflanzen bekleidet (Elodea canadensis, Batrachium fluitans, Ceratophyllum demersum, Sagittaria sagittifolia, Oenanthe aquatica var. conioides), die ein an Arten und besonders auch an Individuen sehr reiches Tierleben bergen. Durch ihre Massenentfaltung fallen besonders die Mollusken auf: Sphaerium corneum, Lim-

naeus stagnalis, Planorbis corneus, Planorbis vortex, Amphipeplea glutinosa, Physa fontinalis, Paludina vivipara waren in allen Fängen vertreten. Gleich zahlreich sind die Crustaeen Asellus aquaticus und Gammarus fluviatilis. Von Würmern waren Nephelis vulgaris, Clepsine-Arten (bes. Clepsine bioculata) gemein; von Planarien kam Dendrocoelum lacteum und eine gelbliche Polycelis, wohl nigra vor. Die zahlreichen mikroskopischen Bewohner des Schlammes und der Wasserpflanzen konnten bei der drängenden Zeit nur in ihrer Gesamtheit festgestellt werden.

Das hier gefischte Plankton ist noch immer sehr reich an Detritus mit Resten der Abwässer. Sphaerotilus natans treibt in zahlreichen Flöckchen; Cladothrix dichotoma ist ebenfalls häufig, weniger und nur in vereinzelten Kolonien die Zoogloea ramigera. Kartoffelstärkezellen sind ebenfalls noch nachzuweisen, einzelne von ihnen waren auf ihrer Oberfläche mit einer dichten Schicht von Bakterien bekleidet. Gelbgebeizte, aus den Fäkalien stammende Stückchen von quergestreiften Muskelfasern, waren nur noch ganz einzeln zu finden. Gegenüber diesem Detritus usw. traten die eigentlichen Planktonorganismen etwas in den Hintergrund, ebenso gegenüber den Bodenformen, die schon früher erwähnt wurden. Dazu kamen noch einige Rädertiere wie Actinurus neptunius, Dinocharis pocillum, sowie von Protozoen kleine Epistylis-Kolonien.

XIV. Brücke beim Orte Wanzenau (11,6 km unterhalb Mündung der Straßburger Abwässer). Hier ergab das Schleppnetz am Boden der Ill dieselbe reiche Pflanzenwelt, wie sie uns schon bei Station XIII entgegentrat (dazu noch hellgrüne Nupharblätter), ebenso die dort aufgezählte art- und individuenreiche Tierwelt.

XV. Mündung der Ill in den Rhein (7. Oktober 1905). Das Wasser der Ill ist infolge des Rückstaues durch den hohen Rhein sehr klar. Sichttiefe 1,10 m! Der Boden ist auch hier noch dicht mit der für die Ill so charakteristischen Pflanzendecke übergrünt; der Schlamm hat nur einen schwachen Geruch und ist sehr reich an den oben aufgezählten Mollusken, Würmern und Spongillen. Sphaerotilus natans ist im Plankton nur noch mikroskopisch nachzuweisen; größere dem freien Auge sichtbare Flöckchen, wie sie noch beim Wanzenauer Wehr in den Fluten trieben, wurden hier nicht mehr beobachtet.

Zusammenfassendes über die Verunreinigung und Selbstreinigung der Ill.

Eine vergleichende Betrachtung und Sichtung dieser zahlreichen Einzelbeobachtungen ergibt folgendes Bild der Verunreinigung der Ill:

Oberhalb Straßburg ist das Wasser der Ill als durchaus normal zu bezeichnen, wie aus dem ganzen Charakter der Flora und Fauna hervorgeht. Dieser Zustand ändert sich in der Stadt etwas, da zahlreiche Hausabwässer eingeleitet werden. Indessen ist die Verunreinigung nirgends sehr bedeutend, am stärksten noch beim Einfluß der Dole vom Spitale her. Fäkalien konnten nicht nachgewiesen werden. Durch das recht reiche Tier- und Pflanzenleben am Boden der Ill dürfte ein guter Teil der Abwässer schon innerhalb der Stadt absorbiert werden.

Eine sehr beträchtliche Verschmutzung der Ill verursachen, wie nicht anders zu erwarten, die unterhalb der Stadt einmündenden Straßburger städtischen Abwässer,

zumal da dieselben allem Anscheine nach jedenfalls nur sehr schlecht vorgereinigt werden. Allerdings dürfte es kaum möglich sein, weiter stromab den besonderen Anteil der Straßburger Abwässer an der Verschmutzung der Ill für sich allein genauer abzuschätzen, da sich zu ihnen bald noch die Abwässer von Schiltigheim und die von Bischheim-Hohenheim gesellen, so daß weiter flußabwärts eben die vereinigten Wirkungen der drei Abwässerquellen zutage treten. Über die Intensität der Verschmutzung gibt das üppige Wuchern des Abwasserpilzes Sphaerotilus natans Auskunft, der die Bedingungen zur Entwicklung und reichlichen Entfaltung nur in einem Wasser findet, das größere Mengen organischer fäulnisfähiger Substanz enthält; er wurde festsitzend als Rasen bis fast 1 km unterhalb der Mündung der Schiltigheimer Abwässer, makroskopisch im Plankton treibend auf der ganzen befahrenen Strecke bis Wanzenau (11,6 km abwärts der Mündung der Straßburger Abwässer) nachgewiesen.

Trotz dieser beträchtlichen Verschmutzung tritt 17,8 km unterhalb der Mündung der Straßburger Abwässer, die Ill in den Rhein mit einem Wasser, das nach den „Erläuterungen zu den ersten 3 (chemisch-bakteriologischen) Rheinuntersuchungen“ sich nicht in dem Maße von dem des Rheines unterscheidet, daß sein Zutritt eine Veränderung hervorrufen konnte.

Daraus geht hervor, daß auf der 16,8 km langen Strecke der Ill von dem Einlauf der Abwässer bis zur Mündung in den Rhein eine sehr weitgehende Selbstreinigung des Flusses stattfindet. Und in der Tat, wenn wir die von uns untersuchte Illstrecke bis Wanzenau und dann auch die Illmündung überschauen, so müssen wir gestehen, daß hier alle Bedingungen für eine biologische Selbstreinigung in einem Maße vereinigt sind, wie man es sonst am Oberrhein nur noch selten finden dürfte. Vor allen Dingen hat der Lauf der Ill hier noch einen recht ursprünglichen Charakter bewahrt; in weiten Bogen zieht der Fluß zwischen natürlichen Ufern durch Wiesen und Wälder. Seine Stromgeschwindigkeit ist groß genug, um die eingeführten Schmutzstoffe eine ziemlich beträchtliche Strecke stromabwärts zu führen und sie so gewissermaßen über ein größeres Gebiet auszusäen, wodurch in der Nähe des Einlaufes der Abwässer eine schädliche Anreicherung vermieden wird. Die Schmutzstoffe werden zum Teil schon im freien Wasser durch das Heer der Bakterien sowie durch das Plankton angegriffen und aufgearbeitet. Was weiter dann von ihnen oder ihren Umsetzungsprodukten (Pilzen usw.) sedimentiert und, einem langsamen Schneeflockenfall vergleichbar, zu Boden rieselt, wird hier die Beute einer vielgestaltigen Tierwelt, welche auf und zwischen den Wasserpflanzen, auf und in dem Schlamme in seltener Üppigkeit lebt und webt. Zahllose Protozoen, eine Menge von Rotatorien und Crustaceen, Larven verschiedener Insekten, Massen von Schnecken und Muscheln, ungezählte Tausende von Borstenwürmern sind unermüdlich beschäftigt, die niederrieselnden fein verteilten Partikel organischer Substanz als Nahrung aufzunehmen und sie so in eigene Leibessubstanz umzuwandeln. Sie selbst dienen dann wieder zum großen Teil schließlich den Fischen als Nahrung. Die Reinigung des Wassers von gelösten organischen Verbindungen, wie solche durch die Abwässer zugeführt werden, dürfte in erster Linie auf Rechnung der Pflanzenwelt zu setzen sein, nicht nur der mikroskopisch kleinen (Bakterien, Diatomeen, Algen usw.), sondern — und in vorliegendem Falle in ganz besonderem Maße! — auch

der höheren phanerogamen Wasserflora. Durch Königs Versuche ist bekannt, daß Wasserpflanzen, wie dieselben gerade in der Ill in Massenentfaltung vorkommen, Ceratophyllum demersum, dann Elodea canadensis usw., sehr wohl imstande sind die in organischen Abwässern nie fehlenden Ammoniakverbindungen, weiter Albumosen, Asparagin usw. direkt aufzunehmen. Eine weitere sehr wichtige Rolle der Pflanzenwelt ist die Produktion von Sauerstoff für alle im Wasser sich abspielenden Oxydationsvorgänge, also auch für die Atmung der Tierwelt. Bei der großen Menge der Pflanzen in der Ill muß das von ihnen unter dem Einfluß des Lichtes bei der Kohlensäureassimilation produzierte Quantum von Sauerstoff ein sehr beträchtliches sein.

Da nun die submerse Pflanzenwelt auch wohl stets das Substrat einer sehr art- und individuenreichen Kleintierwelt ist, so ergibt sich also: je reicher ein Fluß an Wasserpflanzen ist, desto größer ist die reinigende Fläche, mit welcher das verunreinigte Wasser in Berührung kommt, desto intensiver wird die Selbstreinigung erfolgen[1]). Oder kurz mit andern Worten: Die biologische Selbstreinigungskraft eines Gewässers ist direkt proportional der Absorptionsfläche seiner Pflanzen- und Tierwelt.

Nach alledem dürfte die Ill unterhalb Straßburg ein sehr interessantes, ich möchte fast sagen schulmäßiges Beispiel einer sehr weitgehenden rein biologischen Selbstreinigung sein. Wir sehen hier, wie selbst ein verhältnismäßig kleiner Fluß imstande ist sehr beträchtliche Mengen organischer Abwässer zu verarbeiten, wenn ihm nur all jene Bedingungen, welche die ungestörte Entfaltung einer reichen Tier- und Pflanzenwelt am Grunde, an den Ufern und im freien Wasser begünstigen, nach Möglichkeit erhalten werden.

4. Strecke Kehl-Maxau (7. Oktober 1905).

Am Morgen des 7. Oktober betrug im Rhein bei der Kehler Brücke die Temperatur des Wassers 11,3 °C.; die Reaktion war nach 5 Minuten schwach alkalisch. Zunächst wurde die Mündung der Ill angefahren; die hier gemachten Beobachtungen sind bereits auf den vorhergegangenen Seiten verwertet. Im weiteren Verlaufe wurden auf dieser Strecke drei Schiffbrücken passiert und näher untersucht: die Brücken von Freistätt-Gambsheim, von Greffen-Drusenheim, von Plittersdorf-Selz. An allen waren die gewohnten Rasen von Cladophora glomerata reich entwickelt, teilweise auch mit Diatomeen (Cocconeis pediculus, Diatoma vulgare usw.) bedeckt. Strahlige Räschen einer Floridee Chantransia chalybaea waren nicht selten, ebenso Rasen des Wassermooses Cinclidotus fontinaloides. Im Gewirre dieser Pflanzen war Gammarus pulex recht häufig, vielfach von einem parasitischen Infusor Lagenophrys ampulla besetzt. Von Insekten fanden sich Elmis als Käfer und als Larve, ferner Larven von Chironomus. Abwasserorganismen wurden stets vermißt.

---

[1]) Über diese Punkte wird später noch ausführlicher zu handeln sein. Hier sei nur noch bemerkt, daß diese reinigende, absorbierende und filtrierende Fläche um ein ganz gewaltiges gesteigert ist bei jenen Pflanzen, deren Blätter in zahlreiche Fiedern geteilt sind, wie Myriophyllum, Ceratophyllum usw. Letztere Pflanze, die sehr stark verunreinigtes Wasser verträgt — ich fand sie in kleinen Teichen usw. oft von Beggiatoen und anderen Schwefelbakterien überwuchert — muß ihren ganzen Bedarf an Nährstoffen aus dem umgebenden Wasser decken, da sie wurzellos ist.

Das auf dieser Strecke mehrfach gefischte Plankton zeigte kaum Verschiedenheiten von dem weiter oben gefischten. Von einer Aufzählung der einzelnen Formen darf darum hier wohl abgesehen werden.

Von Zuflüssen des Rheines auf dieser Strecke wurden untersucht der sog. „Rote Rhein" auf der elsässischen linken Seite, dann die Murg auf der rechten badischen Seite.

Der „rote Rhein" nimmt die in den Vogesen entspringende Moder auf. Sein Plankton, zwischen Fort Louis und Neuhäussel gefischt, war sehr arm an eigentlichen Planktonorganismen, besonders was die Individuenzahl anbelangt: die typischen Rheinformen wie Oscillatoria rubescens und Tabellaria fenestreta var. asterionelloides fehlten völlig. Bodenformen waren viel zahlreicher.

Plankton des „roten Rheines".

Diatomeen.	Melosira tenuis sehr einzeln.
Algen.	Pediastrum pertusum einzeln.
Protozoen.	Eudorina elegans einzeln.
	Synura uvella einzeln.
	Uroglena volvox einzeln.
	Dinobryon stipitatum einzeln.
	Ceratium hirundinella nicht sehr selten.
Rotatorien.	Synchaeta tremula einzeln.
	Anuraea cochlearis einzeln.
	Anuraea aculeata einzeln.

Von Bodenformen waren vertreten: Diatomeen (Pleurosigma attenuatum, Nitzschia sigmoidea, Fragilaria capucina). Protozoen (Actinosphaerium Eichhornii, Cyphoderia margaritacea). Rotatorien (Euchlanis triquetra, Monostyla lunaris, Metopidia oxysternum, Pterodina patina var. trilobata). Crustaceen (Nauplien von Cyclopiden, Alona parvula).

Weiter abwärts wurde ein Stück in die Murg, die aus dem nördlichen Schwarzwalde kommt, eingefahren. Das Planktonnetz ergab hier gar keine Planktonorganismen; auch Bodenformen waren sehr selten, nur einige Oscillatoria-Fäden, und eine Rhizopodenschale (Cyphoderia margaritacea) kamen zur Beobachtung. Fast der ganze Inhalt des Netzes bestand aus Holzfasern (Coniferenholz) mit großenteils noch zusammenhängenden Zellen. Sie entstammten wohl sicher den großen Holz- und Zellulosefabriken im Murgtal.

Die ganze heute befahrene Strecke ist noch reich an schönen und großen Altwassern des Rheines, die sich zum Teil weit in das Land hineinziehen. Untersucht wurde des Altrhein von Illingen, auf dem rechten Ufer des Rheines dem Hafen von Lauterburg gegenüber gelegen.

Plankton des Altrheins bei Illingen.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens sehr häufig.
	Coelosphaerium spec. einzeln.
	Chroococcus limneticus einzeln.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig.
Asterionella gracillima nicht selten.
Fragilaria Crotonensis mehr einzeln.
Synedra delicatissima mehr einzeln.
Stephanodiscus astraea einzeln.
Cyclotella comta var. einzeln.
Cyclotella melosiroides sehr einzeln.
Protozoën. Eudorina elegans einzeln.
Peridinium tabulatum einzeln.
Ceratium hirundinella nicht sehr selten.
Rotatorien. Polyarthra platyptera einzeln.
Anapus testudo einzeln.
Anuraea cochlearis einzeln.
Anuraea aculeata einzeln.

Abends 6 ^{h} kamen wir in Maxau an.

5. Strecke Maxau-Speyer (9. Oktober 1905).

Am Morgen des 9. Oktober zeigte der Rhein bei Maxau einen Pegelstand von nicht weniger als 5,39 Meter! Die Temperatur des Wassers betrug 10,3 ^{0} C., die der Luft 6,8 ^{0} C.

Unterhalb des Hafens Maxau liegt am Rheinufer eine größere Zellulosefabrik, die nach dem Sulfitverfahren arbeitet. Da infolge des stark angeschwollenen Rheines eine Untersuchung der Ufer und der Stromsohle nicht angängig war, wurde etwa 200 Meter unterhalb der Fabrik eine Planktonprobe entnommen.

Plankton des Rheines unterhalb Maxau.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens häufig.
Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig.
Fragilaria crotonensis recht häufig.
Asterionella gracillima nicht sehr selten.
Synedra delicatissima sehr einzeln.
Cyclotella comta var. einzeln.
Cyclotella socialis ein Exemplar.
Protozoën. Dinobryon sertularia sehr einzeln.
Gonyaulax apiculata einzeln.
Peridinium tabulatum sehr einzeln.
Ceratium hirundinella einzeln.
Rotatorien. Anapus ovalis sehr einzeln.
Anuraea cochlearis einzeln.

Weiter enthielt das Plankton neben sehr viel mineralischen Bestandteilen sehr reichlich aus den Abwässern der Fabrik stammende Zellulosefasern. Außerdem Reste von Bodenformen wie Chantransia-Rasen, Spongillen-Nadeln, Insektenreste. Der Panzer eines kleinen Krebses: Alona costata war auf der Innenseite der Schalenklappen

mit einer dichten gleichmäßigen Schicht von Bakterien besetzt, welche so die Reste der organischen Substanz des eigentlichen Tierkörpers aufzehrten — ein Beispiel welches uns die Tätigkeit der Bakterien bei der Selbstreinigung des strömenden Wassers direkt vor Augen führt.

6. Die Verunreinigung des Albflusses (9. Oktober 1905).

Eine Strecke unterhalb Maxau wurde in ein Altwasser eingefahren, welches das die Abwässer von Karlsruhe dem Rheine zuführende Flüßchen Alb aufnimmt.

Nahe der Mündung in den Rhein zeigte das Altwasser das gewöhnliche Rheinplankton ziemlich reichlich, untermischt mit viel Detritus und Zellulosefasern, die wohl aus der weiter oben gelegenen Fabrik stammen. 1,5 km aufwärts im Altwasser nahm das Plankton ab, der Detritus dagegen mehr und mehr zu. Abwasserorganismen waren hier im Planton noch nicht zu konstatieren.

Etwa 2 km vom Rhein entfernt zeigte sich zuerst das schmutzig gefärbte dunkle Wasser der Alb, in beginnender Mischung mit dem trüb gelbbraunen eingedrungenen Rheinwasser. Nachdem noch eine Strecke weit in die stark verschmutzte Zone vorgedrungen war, wurde das freie Wasser, der Schlammgrund, sowie die Pflanzen untersucht.

Das Planktonnetz enthielt neben ganz vereinzelten eigentlichen Planktonorganismen wie Synura uvella, Pandorina morum, Dinobryon sertularia, große Mengen von Detritus, daneben zahlreiche Organismen des Bodens, unter ihnen viele Abwasserformen. Es fanden sich große Mengen von Bakterien, Zoogloea ramigera, Cladothrix, Sphaerotilus-Fäden, Oscillatoria limosa und Oscillatoria chlorina, Closterium acerosum; von Protozoën Stentor coeruleus, Epistilis umbellaria, Euplotes patella; von Rotatorien Rotifer vulgaris, Metopidia lepadella, Lepadella ovalis, Euchlanis triquetra usw.

Der Boden war im ganzen Bereich des schmutzigen Albwassers mit einem durch Schwefeleisen tintenschwarz gefärbten Schlamm bedeckt. Diese stinkende Masse war reich an organischen Abfallstoffen aller Art, die gröbere Fauna in ihm schien völlig vernichtet, wohl wegen der in dem stagnierenden fast pflanzenleeren Wasser jetzt besonders intensiven Sauerstoffzehrung. (Keine Tubificiden, keine Schnecken usw.)

Sehr reich an Abwasserorganismen war der Schlamm, der sich allenthalben an die in das Wasser getauchten Weidenzweige angesetzt hatte. Hier fand sich Sphaerotilus natans, dann Beggiatoa alba, Zoogloea ramigera, Sarcina paludosa, Spirillen und Bakterien in großer Anzahl, dann Achromatium oxaliferum; von Diatomeen einzelne Melosira varians, Nitzschia acicularis, Synedra ulna; von Algen Oscillatoria chlorina, Closterium acerosum; von Abwasserinfusorien Paramaecium aurelia.

Aus diesen Befunden läßt sich der sichere Schluß ziehen, daß die Menge der Verunreinigungen, welche die Alb dem sie aufnehmenden Altwasser zuführt, eine sehr beträchtliche sein muß, da der obere Teil des Altwassers in einer Weise verschmutzt ist, wie man es nicht sehr oft findet. Diese Verschmutzung ist, an Intensität etwas abnehmend, bis auf etwa 2 km oberhalb der Mündung des Altwassers direkt nachzuweisen; im eigentlichen Rhein war aber am 9. Oktober 1905 hier kaum etwas von einer

Verunreinigung durch die Alb zu bemerken. Bei diesen Befunden muß aber natürlich immer im Auge behalten werden, daß bei dem hohen Rheinwasserstand die trüben Fluten des Rheines sehr weit in das Altwasser vorgedrungen sind. Dadurch ist das von oben her einfließende Albwasser rückgestaut und in seinem Abfließen gegen den Rhein zu gehemmt worden. Es ist zu erwarten, daß bei einem niederen Wasserstand, der dem Albwasser freien Abzug nach dem Rheine gestattet, die Verunreinigungen sich viel weiter gegen den Rhein zu bemerkbar machen werden. Dies zu entscheiden, bleibt späteren Untersuchungen bei günstigeren Wasserverhältnissen vorbehalten.

7. Verunreinigung des Speyerbaches.

Nach kurzer Rast in der Gegend von Germersheim (Sichttiefe des Rheines 31 cm) wurde gegen Abend Speyer erreicht. Der hier einfließende, die Abwässer der Stadt aufnehmende Speyerbach zeigte annähernd dasselbe Bild, das ich in meinem Berichte über die Probeuntersuchung im November 1904 schon gezeichnet habe: Der Boden des Baches bedeckt mit stinkendem schwarzem Schlamm, überall ausgepolstert mit den Rasen von Sphaerotilus natans, erfüllt von tausenden von Tubificiden der Gattung Limnodrilus.

Das Planktonnetz ergab in dem schmutzigen Bachwasser große Mengen von Detritus und Abfällen aller Art (Stärkezellen, Kartoffelschalen, Holz- und Textilfasern, gelb gebeizte Muskelfasern usw.). Daneben viel Sphaerotilus, Zoogloea ramigera, Beggiatoa-Fäden und zahlreiche Abwasserinfusorien (Paramaecium caudatum, Paramaecium putrinum, Chilodon cucullulus, Stentor coeruleus, Metopus sigmoides usw.).

Im Rheinstrome selbst hob sich das dunkle Speyerbachwasser scharf von dem trüb gelbbraunen des Rheines ab und war so, scheinbar unvermischt, auf etwa 20 Meter abwärts zu verfolgen.

Unmittelbar oberhalb der Mündung des Speyerbachs erschien die Tier- und Pflanzenwelt des Rheins, soweit sie zugänglich war, durchaus normal. So waren die Balken einer Badeanstalt dicht besetzt mit großen Büschen eines Wassermooses (Fontinalis antipyretica) so wie der Cladophora glomerata. Recht häufig waren dunkle strahlige Räschen von Chantransia chalybaea. Von Diatomeen war (neben Melosira varians und Synedra radians) Diatoma vulgare in solchen Mengen vorhanden, daß sie einzelne Rasen von Cladophora glomerata fast ganz braun färbte. Es macht überhaupt den Eindruck, als wenn diese epiphytische Diatomeenflor immer zahlreicher würde, je mehr unsere Fahrt zu Thal fortschritt.

8. Strecke Speyer-Mannheim-Ludwigshafen (10. Oktober 1905).

Am Morgen des 10. Oktober wurden im Rhein bei Speyer beobachtet: Temperatur des Wassers 9,8 ^{0} C.; der Luft 8 ^{0} C. Sichttiefe 34 cm. Pegel: 5,15 Meter. — Nach Angabe des uns begleitenden Herrn Baurats Risser aus Speyer führt der Rhein gegenwärtig etwa ca. 1900—2000 Kubikmeter Wasser in der Sekunde bei der Stadt vorbei.

9. Altwasser des Rheines bei Angelhof und Otterstadt.

Die Untersuchung galt am Vormittag vor allem den beiden großen Altwassern des Rheins bei Angelhof (unterhalb Speyer) und bei Otterstadt (weiter abwärts gegen

Ludwigshafen zu), welche wir bei der Probenuntersuchung im November 1904 als gewaltige Planktonreservoire des offenen Rheines kennen gelernt hatten. Dieses Mal boten beide Gewässer ein etwas anderes Bild als in dem genannten Jahre. Während damals der Wasserstand ziemlich nieder war, so daß breite Schlamm- und Kiesbänke die Ufer umsäumten, boten jetzt die Altwasser weitmehr das Bild eines langgestreckten Sees dar, der dicht von den grünenden Auwäldern umrahmt wurde. Die trübe gelbbraune Färbung des Rheinwassers war eine Strecke weit in den Altwassern selbst zu beobachten. Gegen die Mitte zu und namentlich gegen die blindgeschlossenen oberen Enden wurde das Wasser bald völlig grün-klar mit einer Sichttiefe von nicht weniger als 1,89 Meter, gegenüber 34 cm bei Speyer, weil das steigende Rheinwasser das Wasser der Altrheine mehr und mehr nach oben, d. h. gegen deren blindgeschlossenes Ende hingedrängt hatte.

Das Plankton der beiden Altwasser war gegen deren Mitte zu äußerst reich, nicht nur in qualitativer, sondern besonders auch in quantitativer Hinsicht. Zum Vergleich mit den Befunden im November 1904 gebe ich im folgenden eine Liste der von mir im Oktober 1905 festgestellten Planktonorganismen, welche die freischwebenden und -schwimmenden Tiere und Pflanzen der beiden Altwasser, die einander sehr ähnlich sind, umfassen wird.

Plankton der Altrheine bei Angelhof und bei Otterstadt (10. Oktober 1905).

Pflanzen.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens sehr häufig.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig, in Sternen und Ketten.
	Asterionella gracillima sehr häufig, meist Sterne, seltener Ketten.
	Fragilaria crotonensis häufig.
	Synedra delicatissima nicht selten.
	Melosira tenuis u. var. tenuissima nicht selten.
	Cyclotella comta var. quadrijuncta einzeln.
	Rhizosolenia longiseta einzeln (Angelhofer Altrhein).
Chlorophyceen.	Pediastrum pertusum einzeln.
	Pediastrum Boryanum einzeln.

Tiere.

Protozoen.	Acanthocystis lemani einzeln.
	Eudorina elegans einzeln.
	Dinobryon sertularia sehr häufig
	var. angulatum sehr häufig.
	Uroglena volvox ziemlich häufig.
	Synura uvella einzeln.
	Mallomonas Ploessli einzeln.
	Ceratium hirundinella nicht selten.

Peridinum tabulatum nicht selten.
Peridinium spec. einzeln.
Codonella cratera einzeln.

Rotatorien. Asplanchna priodonta sehr häufig, Weibchen, Männchen, Dauereier.
Conochilus unicornis einzeln.
Floscularia mutabilis einzeln.
Synchaeta pectinata häufig.
Synchaeta grandis nicht selten.
Polyarthra platyptera sehr häufig.
P. platyptera var. euryptera einzeln.
Triarthra longiseta sehr einzeln (Otterstadt).
Mastigocerca pusilla sehr einzeln (Otterstadt).
Rattulus bicornis sehr einzeln.
Gastroschiza flexilis einzeln.
Hudsonella pygmaea nicht selten.
Pompholyx sulcata sehr einzeln.
Notholca longispina sehr einzeln.
Anuraea cochlearis sehr häufig, klein, kurzdornig.
An. cochl. var. tecta nicht selten.
An. cochl. var. hispida nicht sehr selten.
An. cochl. var. irregularis nicht sehr selten.
Anuraea hypelasma einzeln.
Anuraea aculeata einzeln.

Crustaceen. Bosmina cornuta sehr häufig.
Daphnella brachyura einzeln.
Daphnia cucullata einzeln.

Ein sehr großer Teil dieses in den Altwassern angereicherten Planktons wird bei fallendem Wasser in den offenen Strom übergeführt und treibt hier als sog. „Potamoplankton" zu Tal. Über die Bedeutung dieses Planktons bei der Selbstreinigung habe ich mich in meinem Berichte über die Ergebnisse der biologischen Probeuntersuchung weiter ausgelassen.

Im Vergleich mit diesem so überaus reichen und vielgestaltigen Leben in den freien Wasserflächen war die Tierwelt des Bodens verhältnismäßig arm zu nennen, namentlich was die gröbere Fauna anbelangt. Das Schleppnetz brachte aus der Tiefe große Mengen eines feinen zähen gelblichgrauen Schlickes herauf mit ziemlich zahlreichen Wasserpflanzen (Potamogeton, Batrachium divaricatum). Im Angelhofener Altrhein waren Schnecken am häufigsten und zwar Valvata piscinalis, Physa fontinalis und — als neu für das ganze Gebiet des Oberrheins! — Lithoglyphus naticoides. Das Vorkommen der letztgenannten Gattung im Gebiete ist auch tiergeographisch nicht ohne Interesse. Lithoglyphus ist nämlich ursprünglich in der Donau zu Hause, von wo er auf dem Wege passiver Migration (ähnlich wie die Muschel Dreyssensia polymorpha) nach andern Flußgebieten (Weichsel, Rhein) verschleppt wurde und sich hier ausbreitete. Anfang der siebziger Jahre des 19. Jahrhundert wurde die Schnecke

zuerst im Rheingebiet bei Rotterdam beobachtet. Von hier aus drang sie mehr und mehr stromauf vor bis in die Gegend des Rheingaues, der bisher als am weitesten vorgeschobener Fundort galt. Nun ist das Verbreitungsgebiet durch den Fund nicht weit von Speyer wieder um eine recht beträchtlichere Strecke — etwa 100 Kilometer — erweitert worden. Bemerkt sei noch, daß Lithoglyphus von allen untersuchten Altwassern des Oberrheins bis jetzt nur in dem Angelhofer Altrhein gefunden wurde, wohl darum, weil eine hier befindliche Ziegelei direkten Schiffsverkehr nach dem Niederrhein unterhält. Bei Koblenz haben Herr Professor Dr. Marsson und ich das Tier nicht selten getroffen.

Neben den Schnecken traten auch Bryozoen häufig auf. Sie waren im Angelhofer Altrhein hauptsächlich durch Plumatella repens, im Otterstädter Altrhein durch Cristatella Mucedo vertreten.

10. Rheinau-Hafen.

Die großen Hafenanlagen von Rheinau (oberhalb Mannheim), denen schon im November 1904 ein Besuch abgestattet worden war, wurden auch dieses Mal wieder untersucht und hierbei als Anreicherungsstätten des Flußplanktons befunden, die es mit manchem Altwasser aufnehmen können. Am 10. Oktober 1905 war hier die Diatomee Synedra delicatissima (var. angustissima) in einer Massenhaftigkeit vorhanden, von der es schwer hält sich einen Begriff zu machen. Das ganze Wasser schien durch sie getrübt; jede einfach geschöpfte Probe zeigte bei Lupenbetrachtung tausende der zierlichen Kieselpanzer in Gestalt feinster glitzernder Nadeln. Man wird kaum fehl gehen, wenn man diesem reichen Plankton seinen gebührenden Anteil an der Unschädlichmachung der von den Schiffen stammenden Verunreinigungen, vor allem der Fäkalien, zuschreibt. Der Schlamm am Grunde der Häfen erwies sich als nur sehr wenig faulig und enthielt zahlreiche Röhren-bewohnende Chironomus-Larven.

Plankton der Rheinau-Häfen

		I	II
Cyanophyceen.	Chroococcus limneticus	—	einzeln.
	Oscillatoria rubescens	häufig	häufig.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	häufig	sehr häufig.
	Synedra delicatissima	außerordentlich häufig	ziemlich häufig.
	Fragilaria Crotonensis	nicht selten	nicht selten.
	Attheya Zachariasi	einzeln	einzeln.
	Melosira tenuis	einzeln	einzeln.
	Asterionella gracillima	—	sehr häufig.
	Cyclotella comta var.	einzeln	einzeln.
	Cyclotella melosiroides	einzeln	—
	Stephanodiscus astraea	—	einzeln.
	Rhizosolenia longiseta	—	einzeln.
Chlorophyceen.	Scenedesms bijugatus	einzeln	—

		I	II
Protozoen.	Acanthocystis lemani	—	sehr einzeln.
	Pandorina morum	—	einzeln.
	Dinobryon sertularia	—	sehr einzeln.
	Dinobryon stipitatum var.	sehr einzeln	einzeln.
	Mallomonas Ploesslii	—	—
	Peridinium cinctum	—	einzeln.
	Peridinium quadridens	nicht sehr selten	—
	Ceratium hirundinella	einzeln	einzeln.
	Codonella cratera[1])	recht häufig	recht häufig.
Rotatorien.	Asplanchna priodonta	nicht selten	einzeln.
	Synchaeta pectinata	einzeln	—
	Polyarthra platyptera	nicht selten	mehr einzeln.
	P. platyptera var. euryptera	—	einzeln.
	Anuraea cochlearis	nicht selten	nicht selten.
	An. cochlearis var. hispida	einzeln	einzeln.
	Anuraea aculeata	—	einzeln.
Crustaceen.	Cyclops spec.	sehr einzeln	einzeln.
	Bosmina cornuta-longirostris	sehr einzeln	einzeln.

Bemerkt sei noch, daß das Plankton neben diesen Organismen auch noch vereinzelte Zellulose- und Textilfasern, Stärkezellen und ähnliche Indikatoren der hier von den Schiffen ausgehenden Verunreinigung enthielt.

Die Abwässer der chemischen Fabriken wurden bis April 1905 in ein großes teichartiges Sammelbassin geleitet das im November 1904 als völlig azoisch befunden worden war. Auch dieses Mal wurde kein einziges Lebewesen im Wasser gefunden, was nicht zu verwundern ist, das die chemische Prüfung sofort eine stark saure Reaktion ergab. Auf dem Wasserspiegel, über den eine Anzahl abgestorbener Weidenbäume emporragt, lag, wie gewöhnlich hier, eine Kette von Wildenten.

Seit April 1905 werden die Abwässer der Rheinauer Fabriken oberhalb der Häfen direkt in den Rhein geleitet. Es wird die Aufgabe der künftigen Untersuchungen sein, diese neue Verunreinigungsquelle des Rheines im Auge zu behalten.

11. Mündung des Rehbaches.

Die Jahreszeit war noch etwas zu früh, als daß man bei der Mündung des Rehbaches dieselbe starke Verunreinigung hätte erwarten dürfen, die, verursacht durch die Abwässer der Zuckerfabrik Friedensau, im Jahre 1904 um Mitte November, also zur Zeit der stärksten Zuckerrüben-Kampagne, hier beobachtet wurde.

Das Plankton bei der Mündung des Baches enthielt die gewöhnlichen Rheinformen, da der hohe Wasserstand des Stromes das Bachwasser stark zurückgestaut hatte. Daneben viele Bodenformen, wie Diatomeen (Surirella splendida, Cymatopleura

[1]) Bei einer anderen Untersuchung wurde noch gefunden: Tintinnidium fluviatile sehr klein; Rattulus bicornis einzeln.

ovalis, Synedra radians, Pleurosigma, kleine Navicula-Arten), Rhizopoden (Arcella, Difflugia), Rädertiere (Rotifer vulgaris, Monostyla, Colurus bicuspidatus).

Konnten also am Tage meiner Untersuchungen wegen des hohen Rheinwasserstandes Verunreinigungen aus dem Bache kaum bis zum Strome selbst gelangen, so traten die Verunreinigungen der früheren Jahre in den sehr ausgedehnten mächtigen Schlammassen am Grunde der Mündungsstelle in Erscheinung. Das ganze Schleppnetz war erfüllt von diesem schwarzen Schlamm, der außerordentlich arm an Organismen war: eine Libellenlarve der Gattung Agrion sowie eine Schnecke (Valvata piscinalis) war alles, was von der gröberen Fauna nachzuweisen war.

12. Luitpold-Hafen bei Ludwigshafen a. Rhein.

Da am oberen Ende des Luitpold-Hafens, in der Nähe von Mundenheim, mehrere große Petroleum-Tanks sich befinden, wurde in der Nähe derselben eine Planktonprobe entnommen. Es fanden sich die bekannten Mitglieder des typischen Rheinplanktons; Verunreinigungen konnten nicht nachgewiesen werden.

III. Strecke Mannheim-Mainz.

A. Strecke Mannheim-Worms (11. u. 12. Oktober 1905).

Am Morgen des 11. Oktober 1905 wurde im Rhein bei Ludwigshafen beobachtet: Temperatur des Wassers: 10,2° C.; der Luft 4,9° C.

Der erste Gegenstand der Untersuchung waren die

1. Abwässer der Stadt Ludwigshafen.

Wie schon im November 1904 wurde auch dieses Mal wieder festgestellt, daß durch die Abwässer der Stadt Ludwigshafen dem Rheine recht beträchtliche Mengen von Verunreinigungen zugeführt werden. Die Umgebung des Siehles war an den Ufersteinen, an Pflanzen usw. dicht mit den Sphaerotilus-Rasen gepolstert, zwischen denen massenhaft Bakterien wucherten; Zoogloea ramigera war ebenfalls sehr häufig. Neben diesen fanden sich sehr eigentümliche Bakterienkolonien in Gestalt von weißlichen mehr oder weniger hohlkugeligen Gebilden, die bis 3 mm Durchmesser erreichten. Daneben noch Massen eines unbestimmbaren stark inkrustierten Pilzmycels (Schimmelpilz), Hefepilze, Beggiatoa alba und vereinzelte Stigeoclonium-Pflänzchen. Von Abwasserinfusorien war hier Paramaecium putrinum besonders häufig.

Etwa 100 Meter unterhalb der Mündung der Abwässer enthielt das Planktonnetz Massen von vegetabilischem Detritus, aus den Abwässern stammend, wie Holz- und Textilfasern, Gemüsereste, Stärkezellen usw.

Durch die weiter unterhalb eingeleiteten farbigen Abwässer der großen badischen Anilin- und Sodafabrik werden die städtischen Abwässer bald maskiert und scheinen nicht mehr direkt nachweisbar. Aber selbst noch etwa 4 Kilometer weiter abwärts verriet der Inhalt eines Planktonfanges nahe dem linken Ufer die Anwesenheit der Abwässerreste in Gestalt von Kartoffelschalen, Stärkezellen, Holz- und Textilfasern, Haaren usw.

Gegenüber den großen Mengen von Detritus traten die eigentlichen Planktonorganismen ganz in den Hintergrund. Es fanden sich von ihnen: Pediastrum pertusum, Dinobryon sertularia ganz vereinzelt; Oscillatoria rubescens recht häufig; von Diatomeen: Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig; Fragilaria Crotonensis, Asterionella gracillima, Synedra delicatissima sowie endlich noch eine völlig unverletzte Kolonie von Cyclotella socialis, die, wie wir früher sahen, aus dem Bodensee stammt und darum auch am verhältnismäßig häufigsten im Rheine zwischen Basel und Breisach gefunden wurde. Nur auf dieser Strecke wurde die Diatomee auch in die Altwasser eingespült angetroffen. Wo sie dann noch weiter unterhalb erbeutet wurde (einmal in der Ill, einmal im Rhein bei Maxau) geschah dies stets im offnen Strome, nie in den Altwassern, was mir darauf hinzudeuten scheint, daß die betreffenden Kolonien direkt aus dem Bodensee stammten.

2. Abwässer der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

Die Abwässer dieses riesenhaften Betriebes gehören sicherlich zu den am meisten in die Augen fallenden am ganzen Rhein, da sie sich als breiter Farbstreifen mehrere Kilometer weit am linken Ufer des Stromes hinziehen. Farbe und Quantität dieser Abwässer sind erfahrungsgemäß recht bedeutenden Schwankungen unterworfen. Bei unsern Untersuchungen am 11. Oktober 1905 traten nun diese Abwässer auch wegen des hohen Rheinwasserstandes etwas weniger in Erscheinung als bei der Probefahrt November 1904, wo damals der Rhein recht niedrig war. Die chemische Reaktion des Rheinwassers unterhalb des letzten Einlaufes der Abwässer war eine schwach alkalische, d. h. die normale. Daraus geht hervor, daß die im Rheinwasser stets vorhandenen, aber bei Hochwasser natürlich in ganz bedeutenden Massen suspendierten Partikelchen und Flitter von kohlensaurem Kalk imstande sind, die schweflige Säure der Abwässer rasch abzustumpfen, zu neutralisieren und als schwefelsauren Kalk zu binden.

Die Ufer waren unterhalb der Fabrik mit Fett und Teerresten verschmutzt; das Schleppnetz förderte hier nur einen feinen, völlig leblosen Sand zutage. Die Farbstreifen der Abwässer konnten bis unterhalb der sog. Petersau (zwischen Frankenthal und Worms), d. h. auf eine Strecke von etwa 10 Kilometer verfolgt werden. Eine Untersuchung der Uferfauna und -flora war bei dem starken Steigen des Stromes undurchführbar.

3. Der Neckar bei Mannheim.

War schon das Wasser des Rheins durch die unaufhörlichen Regengüsse stark getrübt, so glich das Wasser des Neckars zur Zeit unserer Untersuchung schon mehr einer bräunlichen Lehmbrühe, die im Planktonnetz einen sehr beträchtlichen, vorherrschend aus kohlensaurem Kalk bestehenden Rückstand hinterließ. Zunächst wurde der Neckar etwa 5 Kilometer oberhalb seiner Mündung, zwischen der Friedrichsbrücke und der Eisenbahnbrücke, untersucht. Die stark getrübten Fluten führten auffallend zahlreiche losgerissene Wasserpflanzen, vor allem Ceratophyllum demersum, dann Potamogeton pectinatus, Fontinalis antipyretica, sowie auch die Alge Enteromorpha intestinalis in vereinzelten Exemplaren zu Tal. Das Planktonnetz enthielt, genau wie

im November 1904, gar keine eigentlichen Planktonorganismen, dagegen eine ganze Menge losgerissener Bodenformen, so u. a.: Algen (Chantransia, Conferva, Spirogyra), Diatomeen (Pleurosigma attenuatum, Surirella splendida), Desmidiaceen (Closterium acerosum), Protozoen (Arcella vulgaris, Difflugia-Gehäuse), dann Spicula von Spongillen, eine lebende Hydra grisea, Statoblasten von Bryozoen der Gattung Plumatella, Ostrakoden-Schalen, Eier von Chironomus, Insektenreste usw. usw.

Die zweite Untersuchungsstelle befand sich etwa 300 Meter oberhalb der Neckarmündung, an der Stelle, wo auch die bakteriologischen Wasserproben entnommen werden. Mit Hilfe des Planktonnetzes ließ sich hier mit aller Schärfe nachweisen, daß diese Stelle am 11. Oktober 1905 ganz unter dem Einflusse des Rheinwassers stand[1]), wie folgende Liste des Planktons zeigt.

Plankton im Neckar 300 Meter oberhalb der Mündung.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens nicht selten.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig.
	Asterionella gracillima nicht selten.
	Fragilaria crotonensis nicht selten.
	(Bacillaria paradoxa eine große Kolonie!)
Protozoen.	Pandorina morum einzeln.
	Ceratium hirundinella einzeln.
Rotatorien.	Anuraea cochlearis var. irregularis einzeln.

Dazu die bereits oben aufgezählten Bodenformen recht reichlich; außerdem noch Zygnema, Encyonema prostratum, Nitzschia sigmoidea von Ectrogella bacillariacearum befallen, viele Insektenreste usw.

Abwasserorganismen wurden nicht gefunden. Auch nicht in den Schleppnetzzügen am Grunde des Neckars. Der erste Zug oberhalb der Friedrichsbrücke ergab am Boden des Flusses einen feinen grauen Schlick, der einige ganz junge Malermuscheln (Unio pictorum), dann Tubificiden und Chironomidenlarven enthielt. Der zweite Zug unterhalb der Friedrichsbrücke ergab ganz ähnliche Resultate; nur trat noch Asellus aquaticus hinzu. —

Ich möchte den Neckar nicht verlassen, ohne auf die bemerkenswerte Tatsache hinzuweisen, daß die in vorstehendem erwähnte Alge Enteromorpha intestinalis ebenso wie die Diatomee Bacillaria paradoxa ursprünglich im Brackwasser unserer Ostsee- und Nordseeküsten beheimatet sind. Ihr Vorkommen im Binnenland, das verschiedentlich konstatiert wurde, scheint immer an Gewässer gebunden, die durch Chloride leicht verschmutzt sind, wobei diese Chloride sowohl aus Salzquellen als auch aus Hausabwässern usw. stammen können. Nun ist der Neckar tatsächlich durch einen relativ hohen Chlorgehalt ausgezeichnet, der nach den „Erläuterungen zu den drei ersten Rheinuntersuchungen“ 35—36,75 mg beträgt. Dieser hohe Chlorgehalt dürfte meines Erachtens zum größten Teil daher kommen, daß weiter oberhalb im Neckargebiet bei Heilbronn, Wimpfen, Rappenau usw. sich bedeutende

[1]) Später hat sich noch ergeben, daß durch den sog. Verbindungskanal aus den Mannheimer Hafenanlagen dem Neckar reichlich Rheinplankton zugeführt wird.

Solquellen befinden, deren Abwässer doch schließlich in den Neckar gelangen. Wohl kein Zufall ist es, daß ich Bacillaria paradoxa im September 1898 ziemlich häufig in der Mosel bei Metz gefunden und neuerdings, am 19. Oktober 1905 gemeinsam mit Herrn Professor Dr. Marsson, sie auch bei Coblenz nachgewiesen habe, also ebenfalls in einem Flusse, der nicht unbedeutende Abwässer aus den Salzgebieten Lothringens zugeführt erhält[1]).

4. Einwirkung des Neckarwassers auf den Rhein.

Der Einfluß des Neckarwassers macht sich im Rhein durch eine sehr beträchtliche Trübung geltend. Die Sichttiefe beträgt unterhalb der Neckarmündung nur etwa 12 cm (am gegenüberliegenden bayrischen Ufer etwa 30 cm). Diese Trübung ist jetzt etwa 9 Kilometer weit zu verfolgen; erst da scheint das dunklere bräunliche Neckarwasser mit dem helleren Rheinwasser völlig gemischt. Auch die vom Neckar eingeschwemmten treibenden Wasserpflanzen, besonders Ceratophyllum, sind im Hauptstrome noch lange zu bemerken; selbst Enteromorpha intestinalis wurde noch etwa 2 Kilometer weit verfolgt.

Ganz anschaulich tritt die langsame Mischung des Rhein- und Neckarwassers auch in den Planktonfängen nahe dem rechten Ufer hervor. Anfangs herrschen hier die vom Neckar stammenden oben aufgezählten zahlreichen Bodenformen vor, während die eigentlichen Planktonorganismen des Rheines stark in den Hintergrund treten. Je mehr nun stromab die Mischung fortschreitet, desto häufiger und dominierender werden die Planktonorganismen, vor allem die typischen Formen derselben, wie Oscillatoria rubescens, Tabellaria fenestrata var. asterionelloides usw.

5. Die Abwässer der Stadt Mannheim.

Die Abwässer der Stadt Mannheim wurden, nach einer dankenswerten Mitteilung der Großherz. Badischen Rheinbauinspektion Mannheim, in früheren Jahren bis zum 1. Juli 1903 abwärts der Friedrichsbrücke am linken Ufer in den Neckar geleitet (ohne Fäkalien). Nach Fertigstellung des Hauptpumpwerkes der neueren Kanalisation wurden die genannten Schmutzwasser (ausschließlich der Fäkalien) vom 1. Juli 1903 bis zum 14. Juni 1905 am rechten Ufer dem Neckar zugeführt und zwar in provisorischer Weise unterhalb der Floßschleuse. Seit Fertigstellung der großen Kläranlage d. h. mit dem 14. Juni 1905 fließen nun sämtliche Abwässer von Mannheim, einschließlich der Fäkalien, bei der Oppauer Fähre direkt in den Rhein und zwar nicht am Ufer, sondern durch eine Röhrenleitung auf die Sohle des Stromes.

Es ist natürlich von hohem Interesse festzustellen, welche Einwirkung so große Mengen von Abwässern auf die gesamte Lebewelt des Stromes ausüben und wie weit sich dieser Einfluß stromab nachweisen läßt. Der sehr hohe Wasserstand des Rheines zur Zeit unserer Untersuchung hat verhindert, daß diese Fragen in einer uns befriedigenden Weise gelöst werden konnten. 100—150 Meter unter der Mündung der Abwasser und etwa 30 Meter vom Ufer entfernt gelang es mit dem Schleppnetz aus der Tiefe große Kiesel herauszuholen, die zum Teil mit niederen Räschen von

---

[1]) Vergl. hierüber: R. Lauterborn: Beiträge zur Mikrofauna- und Flora der Mosel mit besonderer Berücksichtigung der Abwasser-Organismen. In: Zeitschrift für Fischerei IX Jahrg. (1901) S. 1—25. — Nach den »Erläuterungen« enthält das Moselwasser bei Coblenz 188—185 mg Chlor!

Sphaerotilus bedeckt waren. Dazwischen fanden sich einige Diatomeen (Hantzschia amphioxys), kleine nicht geschlechtsreife Nematoden, einige Vorticellen; daneben Schnecken wie Neritina fluviatilis, Ancylus fluviatilis, sowie die Larven von Hydropsyche. Dies ist recht wenig und natürlich nicht ausreichend, um weitergehende Schlüsse zu ziehen. Allerdings muß dabei aber auch wieder betont werden, daß die Bodenfauna des Rheins in dieser Gegend überhaupt eine sehr arme ist, die beispielsweise auch am linken Ufer des Rheines hier sich in der Tiefe nichts ergab als Massen von Kies und zwei Perla-Larven. Möglicherweise ist die Armut auch dadurch bedingt, daß bei der starken Wasserführung die Stoßkraft des Stromes sich so gesteigert hat, daß die aus Kies bestehende und darum recht labile Flußsohle sich in fortwährender Bewegung befindet, die natürlich eine Vegetation von Abwasserpilzen unmöglich machen würde.

Über alle diese Fragen werden die künftigen Untersuchungen Aufschluß geben[1]).

6. Frankenthaler Kanal.

Die bereits hervorgehobene Tatsache, daß bei dem hohen Wasserstande Oktober 1905 die Verunreinigungen im Rheine naturgemäß viel weniger hervortreten als bei dem niederen Stande des Stromes November 1904, fand sich auch am Frankenthaler Kanal bestätigt. Das Wasser im Kanal war dieses Mal weit höher gestaut als damals und die schwarzen stinkenden Schlammbänke am Ufer dadurch dem Auge entzogen.

Das Plankton enthielt von Organismen des freien Wassers eigentlich nur die Cyanophycee Clathrocystis aeruginosa; sonst bestand es ausschließlich aus Bodenformen, wie z. B. Anthophysa vegetans, Paramaecium caudatum, Vorticella campanula, dann aus Rädertieren, unter denen namentlich Rotifer vulgaris in sehr bedeutender Menge auftrat und die Hauptmasse des „Planktons" bildete, weiter Actinurus neptunius sowie vereinzelt auch Diplax trigona. Alle diese Organismen vermögen auch noch in recht stark verunreinigtem Wasser auszudauern; Diplax trigona ist sogar eine der wenigen Leitformen unter den Rotatorien, für die von mir früher charakterisierte „sapropelische" Lebewelt, jener interessanten Lebensgenossenschaft, welche den zum größten Teil aus faulenden Cellulosereste bestehenden Schlamm am Grunde vegetationsreicher Teiche und Tümpel — zum Teil ganz exklusiv — bewohnt[2]).

Der schwarze Schlamm, der sich an den Schilfstengeln usw. angesetzt hatte, war ziemlich arm an Organismen. Auch er enthielt noch am häufigsten Rotifer vulgaris, dann die Flagellate Chilomonas paramaecium, sowie Amoeba limax, also alles Formen, die auch zu den Abwasserorganismen gehören.

Irgend welche Einwirkung des verunreinigten Kanalwassers auf den Rheinstrom selbst war am 12. Oktober 1905 nicht festzustellen.

---

[1]) Zusatz bei der Korrektur. Im Februar 1906 bei niedrigem Pegelstande brachte das Schleppnetz unterhalb der Mannheimer Abwässer-Mündung größere Steine herauf, welche dicht mit fast fußlangen Spaerotilus-Rasen bekleidet waren. Näheres darüber in einem späteren Berichte.

[2]) R. Lauterborn: Die sapropelische Lebewelt. In Zoolog. Anzeiger (Bd. 24) 1901.

7. Floßhafen bei Mannheim.

Der Floßhafen bei Mannheim ist ein durch die große Stromkorrektion entstandenes ansehnliches Altwasser des Rheines, das jetzt als Industriehafen in den Bereich der Mannheimer Hafenanlagen einbezogen worden ist. Seine obere in den Neckar einmündende Öffnung ist durch eine Schleuse gesperrt. Am 12. Oktober 1905 enthielt der Floßhafen, den wir von unten her befuhren, gegen die Mitte zu stagnierendes klares grünes Wasser, genau wie die früher behandelten großen Altwasser beim Angelhof und bei Otterstadt, und ebenso wie diese ein quantitativ und qualitativ äußerst reiches Plankton. Da nun der Floßhafen eines der größten noch bestehenden Altwasser des Oberrheins darstellt und darum auch als Planktonreservoir für dessen untere Strecke in Betracht kommt — der noch größere Altrhein bei Stockstadt weiter unterhalb führt strömendes Wasser —, so mag hier noch die Liste der am 12. Oktober beobachteten Planktonorganismen folgen.

Plankton des Floßhafens bei Mannheim.

Cyanophyceen.	Oscillatoria rubescens sehr häufig.
Diatomeen.	Tabellaria fenestrata var. asterionelloides sehr häufig.
	Asterionella gracillima häufig.
	Fragilaria crotonensis ziemlich häufig.
	Synedra delicatissima nicht selten.
	Diatoma elongatum einzeln.
	Melosira tenuis nicht selten.
	Melosira varians nicht selten.
	Cyclotella comta var. einzeln.
	Cyclotella melosiroides einzeln; eine Kette mit 50 Zellen.
	Stephanodiscus astraea einzeln.
	Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla sehr einzeln.
Chlorophyceen.	Pediastrum pertusum einzeln.
	Pediastrum Boryanum einzeln.
Protozoën.	Pandorina morum nicht selten.
	Synura uvella recht häufig.
	Dinobryon angulatum recht häufig.
	Dinobryon stipitatum nicht selten.
	Eudorina elegans einzeln.
	Ceratium hirundinella nicht selten.
Rotatorien.	Asplanchna priodonta einzeln.
	Synchaeta tremula recht häufig.
	Synchaeta pectinata sehr einzeln.
	Brachionus pala einzeln.
	Notholca striata einzeln.
	Anuraea cochlearis nicht selten.
Crustaceen.	Bosmina cornuta-longirostris nicht selten.
	Nauplien von Cyclops nicht selten.

Zur Zeit unserer Untersuchung lagen im Floßhafen mehrere große Flöße. Die Balken derselben waren fast alle mit langen Strähnen von Conferva bewachsen, die meist durch die sehr üppige Vegetation von Melosira varians, Diatoma vulgare, Synedra radians usw. braun gefärbt waren. Im Gewirre dieser Sauerstoff spendenden Fäden lebten zahlreiche Crustaceen, speziell Daphniden, so vor allem Sida crystallina, Acroperus leucocephalus, Chydorus sphaericus; von Rotatorien Salpina mucronata.

Wir haben den Floßhafen nicht ganz zur Hälfte befahren. Auf dieser ganzen Strecke wurden keine Anzeichen gefunden, die auf eine tiefer greifende Verunreinigung hindeuten.

8. Abwässer der chemischen Fabrik Waldhof.

Die großen Fabriken auf dem Waldhof bei Mannheim — die Zellulose-Fabrik, die chemischen Fabriken von Weyl, Böhringer, die Jutefabrik — leiten ihre recht beträchtlichen Abwässer durch einen längeren Kanal direkt in den Rhein. Die Mündung dieses Kanals befindet sich unterhalb der unteren Mündung des Floßhafens, dem Frankenthaler Kanal gegenüber. Der Kanal führte rotbraunes Wasser, dessen Temperatur nahe der Mündung 26,6 °C betrug. Im Rhein fiel die Temperatur des gefärbten Wassers auf 11,3 °C, 15 Meter abwärts betrug sie noch 10,1 °C. Die Reaktion des Wassers im Rhein bei der Mündung war sofort sauer.

Die Wände des Kanals waren mit dichtem Pilzrasen (Fusarium) ausgekleidet, die sich im Rheine noch eine beträchtliche Strecke abwärts fortsetzen, genauere Ermittelungen wurden durch den hohen Wasserstand vereitelt. Dazwischen überall große Mengen von Zellulosefasern (Coniferenholz), und größere ausgelaugte Holzstücke. Während November 1904 die farbigen Abwässer mit ihren Schaumstreifen mehrere hundert Meter weit verfolgt werden konnten, verschwanden sie jetzt schon viel früher in den trüben Fluten. Es scheint, daß auch hier der im Wasser so reichlich suspendierte kohlensaure Kalk, der an dieser Stelle zum größten Teil von dem besonders kalkreichen Neckar geliefert wird, die Säuren der Abwässer bald abstumpft und bindet. —

Nachdem, wie schon gelegentlich bemerkt, in der Gegend der sog. Petersau — in der Mitte zwischen Neckarmündung und Worms gelegen — festgestellt worden war, daß bei dem jetzt herrschenden hohen Wasserstande hier ungefähr die Abwässer der Anilinfabrik ebenso wie das trübe Wasser des Neckars für das Auge nicht mehr von dem Wasser des Rheins zu unterscheiden waren, wurde bei dem jetzt durch eine Schleuse geschlossenen Mündungskanal des Roxheimer Altrheins ein Planktonfang gemacht, der anscheinend ganz normale Verhältnisse ergab.

9. Abwässer der Heylschen Lederfabrik oberhalb Worms (13. Oktober 1905).

Die Abwässer der Heylschen Lederfabrik münden oberhalb der Wormser Brücke durch einen breiten offenen Kanal in den Rhein aus. Das Wasser des Kanals ist stark gelbbraun gefärbt — direkt geschöpft im Glase von Weinfarbe — und reagiert deutlich alkalisch: die Sichttiefe betrug 28 cm. Der ganze Kanal war allen organischen Lebens bar; weder im freien Wasser noch an den Holzpfählen der Brücke, welche dicht mit Kalk inkrustiert waren, konnte etwas Lebendiges nachgewiesen

werden. Der Boden des Kanals ist bedeckt mit einer bräunlichen Schlammschicht, die neben reichlichem Detritus auch sehr beträchtliche Mengen verfilzter Haare (Kälberhaare?) enthält, die sich auch überall am Ufer und an den Pflanzen angesammelt haben.

Obwohl wie man sieht, die Verschmutzung des Kanalwassers eine recht starke ist, machte sich dieselbe im Rhein bei dem herrschenden hohen Wasserstande nur eine verhältnismäßig kurze Strecke unterhalb der Mündung geltend; die Haare waren allerdings noch in kilometerweiter Entfernung im Plankton zu finden. Wenige Meter unterhalb der Mündung war eine direkt schädigende Wirkung auf das Leben der Rheinplanktons nicht mehr nachzuweisen; es fanden sich die gewöhnlichen Arten vor, außerdem auch zwei Abwasser-Organismen, wie die Infusorien Stylonychia Mytilus und Coleps hirtus.

B. Strecke Worms-Oppenheim (13. Oktober 1905).

Am Morgen des 13. Oktober ergab sich im Rhein bei Worms: Temperatur des Wassers 10° C, der Luft 9,1° C. Sichttiefe 26 cm. Pegel 2,35 Meter.

Das Holzwerk der Landungsbrücke, mit reichlichen Ablagerungen von kohlensaurem Kalk, ist mit Wassermoosen (Fontinalis antipyretica), Algen (Cladophora glomerata, Fadenalgen), sowie zahlreichen Diatomeen bedeckt (Diatoma vulgare, Synedra radians, S. ulna usw.). Das hier gefischte Plankton erwies sich als typisches Rheinplankton mit einigen treibenden Sphaerotilus, Haaren, Textilfasern usw.

10. Die Abwässer der Stadt Worms (13. Oktober 1905).

Die städtischen Abwasser von Worms stellen mit eine der stärksten Verunreinigungen dar, die wir bisher im Rheine zu beobachten Gelegenheit hatten.

Dem großen Dolen, der die Abwässer in den Rhein leitet, entquoll am 13. Oktober 1905 ein gewaltiger Schmutzstrom schwarzgrauen Wassers, an dessen Oberfläche ein undefinierbarer Detritus, Fett usw. dahintrieb. Dieser Schmutzstrom zog sich in einer Breite von etwa 3—4 Metern über 100 Meter weit am Ufer hin, um dann nach und nach zu verblassen und allmählich dem Auge zu entschwinden.

Bei der Mündung selbst enthielt das Planktonnetz nichts als gewaltige Mengen von Detritus, Massen von blauen Textilfasern, Fett und sonstige Abfälle.

2 Meter unterhalb der Mündung in 1 Meter Tiefe fand sich an den Ufersteinen Sphaerotilus natans in üppiger Entfaltung neben zahlreichen schon bei den Ludwigshafener Abwässern erwähnten knolligen Zoogloeen, die von massenhaften Abwasserinfusorien (Glaucoma scintillans, Glaucoma pyriformis, Colpidium colpoda, Paramaecium putrinum usw.) bewohnt waren. Auffallend war das häufige Vorkommen von kleinen Hyalodiscus limax-artigen Amoeben. Stärkezellen und -körner, Textil- und Wollfasern (besonders blaue), Zellulosefasern sowie Haare waren in großen Mengen vertreten.

100 Meter unterhalb der Mündung ist die Reaktion des Wassers noch stark alkalisch. Die Rasen von Sphaerotilus am Ufer sind noch äußerst üppig.

200 Meter unterhalb der Mündung: Sphaerotilus immer noch sehr zahlreich. im Plankton wenig Oscillatoria rubescens, Tabellaria, Asterionella usw.; viele Textilfasern blaue und rote Wollfasern.

400 Meter unterhalb der Mündung. Sichttiefe 22 cm. Viel Sphaerotilus. Im Schlamm am Ufer viel Haare, dabei einige Oscillatoria-Fäden; Rädertiere (Diglena catellina). Infusorien (Leucophrys patula) und Monadinen einzeln.

500 Meter unterhalb der Mündung. Am Ufer noch viel Sphaerotilus, dazwischen einige Nematoden und Abwasser-Infusorien wie Glaucoma scintillans und Urostyla Weissii.

600 Meter unterhalb der Mündung. Sichttiefe 27 cm. Steine in etwa 20 Meter Entfernung 4—5 Meter aus der Tiefe herausgeholt, zeigen sich auf der Oberfläche dicht mit langen Sphaerotilus-Rasen bewachsen. Reichliche Inkrustation von kohlensaurem Kalk. Von Tieren fand sich der Egel Nephelis vulgaris mit Cocons, von Schnecken Ancylus fluviatilis und Limnaeus-Laich, weiter Larven von Perla.

1000 Meter unterhalb der Mündung. Sphaerotilus ist im Schlamm am Ufer mikroskopisch noch nachzuweisen.

Das in 1000 Meter Entfernung von der Mündung der Abwasser gefischte Plankton enthielt nahe dem linken Ufer verhältnismäßig wenig eigentliche Plankton-Organismen, dagegen gewaltige Mengen von Detritus aller Art. Sphaerotilus ist noch recht häufig, ebenso Cladothrix, selbst Zoogloea ramigera kommt noch vor. Weiter zahlreiche Haare, Schimmelpilze, Kartoffel-Stärkezellen, Kartoffel-Schalen, Gemüsereste usw.

In dem auf gleicher Höhe in der Mitte des Rheines gefischten Plankton trat der organische Detritus gegen den mineralischen ganz zurück. Auch die eben genannten Abwasser-Reste fehlten. Das Plankton war normal. In diesen einzelnen Aufnahmen tritt anschaulich zu Tag, wie intensiv die Verschmutzung des Rheines durch die Abwasser der Stadt Worms ist, und wie weit dieselben, trotz der starken verdünnenden Wirkung des hohen Wasserstandes, noch direkt nachzuweisen sind. Es dürfte also das am Eingang dieses Abschnittes abgegebene Gesamturteil wohl gerechtfertigt sein. Erwähnung verdient hierbei noch der Umstand, daß in keiner der zahlreichen Proben jene durch Gallenfarbstoffe gelb gebeizten Muskelfasern gefunden wurden, die so gute Indikatoren für Fäkalverschmutzung abgeben.

11. Abwässer der Strohstoff-Fabrik Rheindürkheim.

Oberhalb des Ortes Rheindürkheim befindet sich hart am Ufer eine bedeutende Strohstofffabrik, welche durch vier Kanäle sehr beträchtliche Mengen von Abwässern dem Rheine zuführt. Am 13. Oktober 1905 entströmten dem obersten Einlauf ein Bach intensiv gelbbraun gefärbten Wassers von stark alkalischer Reaktion; beim zweiten Einlauf war die Reaktion etwas schwächer; Einlauf 3 und 4 schienen nur Kondenswasser zu führen. Vom ersten Einlauf an zog sich ein etwa 15 Meter breiter gelber Farbstreifen zu Thal, der am Ufer zähe Schaumstreifen ablagerte.

10 Meter unterhalb des ersten Einlaufes waren die Ufersteine im Wasser mit einem dichten Belag von kohlensaurem Kalk bedeckt, zwischen dem sich zahllose Strohzellen befanden. Von lebenden Organismen wurde keine Spur entdeckt.

20 Meter unterhalb des letzten Einlaufes ergab das Planktonnetz im freien Wasser am Ufer ganz gewaltige Massen von meist isolierten Strohzellen wie mine-

ralischen Detritus, wogegen die paar Planktonorganismen vollständig in den Hintergrund traten.

Etwa 100 Meter weiter abwärts enthielt der Schlamm, der sich an einem Elevator angesetzt hatte, ziemlich reichlich Sphaerotilus-Rasen, daneben einige Diatomeen (Nitzschia linearis) und Infusorien.

200 Meter weiter abwärts war Sphaerotilus ebenfalls noch vorhanden, ebenso Nitzschia linearis.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, daß die Verunreinigung des Rheines durch die Abwässer der Strohfabrik eine ziemlich starke ist, da die Abwässer auch alles organische Leben ertöten. Bei dem hohen Wasserstande, der am 13. Oktober 1905 herrschte, waren die Abwässer aber schon etwa 100 Meter abwärts derart verdünnt, daß Sphaerotilus und eine als resistent bekannte Diatomeen-Art darin ausdauern konnte. Die charakteristischen Strohzellen wurden aber noch in mehreren Kilometer Entfernung unterhalb der Fabrik im Plankton gar nicht selten angetroffen.

12. Rhein bei Gernsheim.

Ein Planktonfang in der Mitte des Rheins bei dem Städtchen Gernsheim (Sichttiefe 34 cm) ergab neben dem typischen Rheinplankton einige Rasen von Sphaerotilus, Blattfragmente und Strohzellen, welche nur von der weiter oberhalb am anderen Ufer liegenden Strohstofffabrik Rheindürkheim stammen können.

Über die festsitzende Fauna und Flora gab die Landungsbrücke der Dampfer Auskunft. Sehr reich waren hier die Algen vertreten, von allem, wie gewöhnlich an diesen Stellen, Cladophora glomerata, dann Chantransia chalybaea, weiter Fäden von Oedogonium und Mougeotia. Bemerkenswert war das Vorkommen einer blaugrünen Alge, des Microcoleus heterotrichus, der in kleinen Räschen einem Wassermoos (Cinclidotus fontinaloides) aufsaß. Ich habe ihn unter ganz gleichen Bedingungen auch oberhalb Ludwigshafen gefunden; die Art wird sonst besonders für Gebirgswässer angegeben. Alle diese Algen verschwanden zum Teil völlig unter einem dichten Pelz eines Wasserpilzes Cladothrix dichotoma. Von Diatomeen fanden sich in größeren Mengen Diatoma vulgare, Cocconeis pediculus, Melosira varians, Encyonema prostratum, Pleurosigma und kleine Naviculeen. Tiere waren recht schwach vertreten: einige Vorticellen, einige Philodina und Dorylaimus waren alles.

Unterhalb Gernsheim befinden sich am Rhein eine chemische Fabrik und eine Zuckerfabrik. Bei der letzteren wurde nahe dem Ufer eine Planktonprobe entnommen. Neben den Planktonorganismen fanden sich zahlreiche Zellulosefasern (Koniferen-Holz) wohl noch aus den Abwässern der Zellstofffabrik Waldhof bei Mannheim stammend, Strohzellen, einige Räschen von Sphaerotilus. Eine Verunreinigung des Rheines durch die genannten Fabriken war zur Zeit unserer Untersuchung nicht nachzuweisen.

13. Rhein bei der unteren Mündung des Stockstadter Altrheins.

Unterhalb der Mündung dieses großen weitgeschwungenen Altrheins wurde das biologische Profil des Rheins aufgenommen, das heißt es wurden an beiden Ufern wie in der Mitte Planktonfänge und korrespondierende Bodenfänge gemacht.

Das eigentliche Plankton war recht arm und an Masse ganz gegen mineralischen und organischen Detritus verschwindend. Die quantitative Zusammensetzung war an allen Stationen recht gleichmäßig, vielleicht abgesehen davon, daß am rechten Ufer, welches von dem aus dem Altrhein stammenden Wasser bespült wird, die Planktonorganismen, vor allem Tabellaria reicher waren, als am linken Ufer. Auch das „Pseudoplankton“ ließ kaum eine Anreicherung an irgend einer der Stationen erkennen. Cladothrix-Räschen waren überall häufig, ebenso Zellulosefasern; Strohzellen, die von dem etwa 20 km oberhalb gelegenen Rheindürkheim stammen, waren überall noch nachweisbar, ja sogar auch blaue Wollfasern, die uns so zahlreich in den Abwässern von Worms (wo sich eine Kunstwollfabrik befindet), entgegentraten, wurden hier — also nach Zurücklegung eines Weges von etwa 30 km — noch gefunden.

Am Grunde des Rheines ergab sich hier überall nichts als Sand und Kies, ohne alles organische Leben.

Weiter wurde noch der Altrhein von Stockstadt von seinem unteren Ende her bis zur Höhe der sog. Schwedensäule untersucht. Dieser Altrhein ist eine riesenhafte Seitenschlinge des Rheines, die an beiden Enden offen gehalten wird und darum auch jetzt eine deutliche Strömung erkennen läßt. Dies ist auch der Grund, weshalb das Plankton hier zwar reicher als dasjenige des offenen Rheins sich erwies, aber gar keinen Vergleich aushalten konnte mit der üppigen Planktonentfaltung, wie wir sie in den oben geschlossenen Altwassern, so zuletzt am Floßhafen bei Mannheim sahen. Am häufigsten war wie immer Tabellaria, auffallend spärlich waren die Protozoen (Synura uvella, Eudorina elegans) und Rotatorien (Synchaeta tremula) vertreten. Von Bodenformen wäre nur Merismopedium convolutum erwähnenswert.

Der Boden des Altrheins zeigte sich mit einem zähen grauen Schlick bedeckt und von einigen jungen Unio (wohl pictorum), Valvata piscinalis und roten Chironomidenlarven bewohnt.

C. Strecke Oppenheim—Mainz (14. Oktober 1905).

Am Morgen des 14. Oktober betrug im Hafen von Oppenheim die Temperatur des Wassers 9,2° C, die der Luft 9,1° C.

Der Hafen von Oppenheim enthielt ein sowohl an Arten als auch an Individuen sehr reiches Plankton, ohne alle mineralische Beimengungen. Da von hier bei entsprechenden Wasserverhältnissen sicherlich zahlreiche Organismen in den offenen Rhein gelangen und hier stromab getrieben werden, gebe ich in folgendem noch die Liste des

Planktons des Hafens von Oppenheim.

Cyanophyceen. Oscillatoria rubescens häufig.

Diatomeen. Tabellaria fenestrata var. asterionelloides häufig.
Asterionella gracillima ziemlich häufig.
Stephanodiscus Hantzschianus var. pusilla nicht selten.
Melosira tenuis nicht selten.
Fragilaria crotonensis sehr einzeln.
Synedra delicatissima nicht selten.

Protozoen. Bicosoeca spec. (auf Melosira) sehr einzeln.
Colacium vesiculosum (auf Cyclops) sehr häufig.
Ceratium hirundinella einzeln.
Mallomonas acaroides sehr einzeln.
Peridinium spec. (farblos) einzeln.

Rotatorien. Asplanchna priodonta sehr häufig, viele Männchen und Dauereier.
Synchaeta pectinata einzeln.
Triarthra longiseta sehr häufig, auch Dauereier.
Polyarthra platyptera nicht selten.
P. platyptera var. euryptera einzeln.
Mastigocerca capucina sehr einzeln.
Anuraea cochlearis (kurzdornig) nicht selten.
An. cochlearis var. irregularis häufig.

Crustaceen. Cyclops spec. (alles junge Tiere) häufig.
Bosmina cornuta—longirostris häufig, auch Weibchen mit Dauereiern, wie Männchen.

Wie man sieht, ist das Haupt-Charakteristicum dieses Hafenplanktons die außerordentliche Entfaltung der Rotatorien, wie auch der Crustaceen, gegen welche die Diatomeen usw. weit mehr in den Hintergrund treten als es sonst in dem eigentlichen Rheinplankton der Fall ist.

Zwischen Oppenheim und Mainz befinden sich bei dem Dorfe Ginsheim nahe dem rechten Ufer noch einige der alten Schiffsmühlen. Die breiten Schaufelräder einer derselben waren dicht überwuchert mit bis zu 10 cm langen rötlich-schokoladefarbenen Strähnen einer sonst recht seltenen Alge, der Floridee Bangia atropurpurea, als deren Heimat allgemein die raschfließenden Gebirgsbäche gelten. Der Fund gewann an Interesse noch dadurch, daß Bangia im Jahre 1902 unter genau denselben Bedingungen an Rädern der Schiffsmühlen bei Wien in der Donau gefunden wurde. (F. A. Tscherning in: Österr. bot. Zeitschrift Bd. 52 (1902) S. 48—49.) Wenn diese Form der frischen sprudelnden Bergwässer im Rheine eigentümlicher Weise gerade da am üppigsten entwickelt ist, wo der breitflutende Strom den ausgeprägtesten Tieflandscharakter aufweist, so dürfte dies darin eine Erklärung finden, daß die unaufhörlich im Wasser ein- und austauchenden Schaufelräder den aufsitzenden Algen eine sehr ergiebige Wasserbewegung und Sauerstoffzufuhr gewährleisten.

Die Bangia-Fäden waren vielfach dicht mit Cocconeis pediculus und einer sehr kleinen Form von Diatoma vulgare besetzt.

14. Rhein bei Weisenau oberhalb Mainz.

Als Abschluß der Untersuchungen des eigentlichen Oberrheines wurde bei Weisenau noch einmal das biologische Profil des Rheines aufgenommen, und zwar an der Stelle, wo auch die bakteriologischen sowie die chemischen Probeentnahmen erfolgen. Da auf der nun folgenden preußischen Untersuchungsstrecke Mainz bis

Koblenz eigentliche Altwasser, die dem offenen Strom größere Mengen im Plankton zuführen könnte, nicht vorhanden sind, so lasse ich in folgendem noch die ausführliche Liste aller der Plankton-Organismen folgen, welche der Oberrhein am 14. Oktober 1905 dem Mittelrhein zuführte.

Plankton des Rheins bei Weisenau (14. Oktober 1905).

	Links	Mitte	Rechts
Cyanophyceen.			
Oscillatoria rubescens	häufig	häufig	häufig
Gomphosphaeria lacustris	einzeln	einzeln	—
Diatomeen.			
Tabellaria fenestrata var. asterionelloides	sehr häufig	sehr häufig	sehr häufig
Asterionella gracillima	zieml. häufig	zieml. häufig	zieml. häufig
Fragilaria crotonensis	nicht selten	nicht selten	nicht selten
Synedra delicatissima (incl. var. angustissima)	nicht selten	nicht selten	nicht selten
Diatoma elongatum	nicht selten	—	einzeln
Melosira tenuis (incl. M. tenuis var. tenuissima)	einzeln	einzeln	einzeln
Cyclotella comta var.	einzeln	einzeln	einzeln
Cyclotella melosiroides	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Stephanodiscus astraea	sehr einzeln	—	—
Chlorophyceen.			
Dictyosphaerium pulchellum	sehr einzeln	—	—
Botryococcus Braunii	—	—	sehr einzeln
Scenedesmus quadricauda	—	sehr einzeln	—
Protozoen.			
Uroglena volvox	—	sehr einzeln	—
Synura uvella	sehr einzeln	—	—
Mallomonas acaroides	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Dinobryon angulatum	—	einzeln	—
Eudorina elegans	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Pandorina morum	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Diplosiga frequentissima (auf Asterionella)	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Peridinium bipes	sehr einzeln	—	—
Ceratium hirundinella	zieml. einzeln	einzeln	einzeln
Coleps viridis	sehr einzeln	—	—
Rotatorien.			
Asplanchna priodonta	sehr einzeln	sehr einzeln	—
Synchaeta tremula	einzeln	einzeln	einzeln

	Links	Mitte	Rechts
Polyarthra platyptera	einzeln	einzeln	einzeln
Anapus ovalis	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Anuraea aculeata	einzeln	einzeln	einzeln
Anuraea cochlearis	einzeln	einzeln	einzeln
A. cochlearis var. irregularis	einzeln	—	—
A. cochlearis var. macracantha		—	sehr einzeln
Brachionus pala	sehr einzeln	sehr einzeln	—
Notholca longispina	sehr einzeln	sehr einzeln	—
Crustaceen.			
Bosmina cornuta-longirostris	einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Daphnella brachyura	—	—	ein Exemplar
Ceriodaphnia spec.	sehr einzeln	sehr einzeln	sehr einzeln
Cyclops spec. (jung)	zieml. einzeln	—	einzeln
Nauplien	einzeln	einzeln	—
Diaptomus spec.	ein Exemplar	—	—

So stattlich sich diese Liste inbezug auf die Zahl der Arten ausnimmt — inbezug auf die Gesamtmasse dessen, was das Planktonnetz überhaupt in den Fluten des Rheines auffing, treten die eigentlichen Planktonorganismen sehr in den Hintergrund. Über das, was außer den freischwebenden und freischwimmenden Pflanzen und Tieren im Wasser suspendiert zu Tal getragen wurde, dürften folgende Aufstellungen Auskunft geben.

„Pseudoplankton" usw. des Rheines bei Weisenau.

Linke Stromseite: Mengen von feinem meist mineralischem Detritus. Kleine Rasen von Cladothrix, Boden-Diatomeen (meist leere Panzer), Strohzellen, ausgelaugte Stärkezellen der Kartoffel, Holzfasern.

Mitte des Stromes: Mengen von feinem, auch organischem Detritus. Dann Cladothrixräschen, Boden-Diatomeen, Chantransia, Strohzellen, Carchesium spec. Zellulosefasern.

Rechte Stromseite: Viel organischer Detritus, jedenfalls mehr als am linken Ufer; mineralischer Detritus sehr fein. Viele Bodenformen von Diatomeen (Surirella calcarata), Protozoen (Difflugia corona, Epistylis spec.), Rotatorien (Rotifer vulgaris, Dinocharis pocillum, Enchlanis triquetra, Metopidia oxysternum), Crustaceen (Panzer von Alona, Ostracoden, Postabdomina von Iliocryptus), dann Macrobiotus macronyx, viel Cladothrix. Mehrere Zoogloen von Bakterien, darunter Zoogloea ramigera! — Viele Zellulosefasern (Coniferen-Holz), Stärkezellen, Insektenreste usw.

Die hier mitgeteilten Befunde lassen den begründeten Verdacht entstehen, daß die Probeentnahmestelle nahe dem rechten Ufer des Rheines (und vielleicht teilweise noch die mittlere) unter dem Einfluß einer Verunreinigung lokaler Art steht. Da ist

es nun gewiß von Interesse, daß auch im Oktober 1904 von bakteriologischer Seite hier eine beträchtliche Keimzahlsteigerung konstatiert wurde: rechts 30490 Keime, in der Mitte 17935, links nur 7890. „Eine Erklärung kann hierfür nicht gefunden werden“ sagen die Erläuterungen zu den ersten drei Rheinuntersuchungen.

Ich glaube die Erklärung dieser Tatsache gefunden zu haben. Schon wenn man die Karte dieser Gegend betrachtet, so ergibt sich, daß die rechte (und zum Teil wohl auch noch die mittlere) Probeentnahmestelle bei Weisenau unter dem Einflusse eines Seitenarmes des Rheines steht, welcher, gegen den Hauptstrom durch eine der für die Gegend so charakteristischen Aueninseln begrenzt, sich von der Höhe gegenüber Nackenheim in einer Länge von etwa 6 Kilometern gegen Ginsheim hinzieht. Daß aus diesem Seitenarm allerlei vom Boden stammender und die Keimzahl beträchtlich erhöhender Schlamm und Detritus in den Strom gespült wird, beweisen die oben aufgezählten in das Plankton verschlagenen Bodenformen, von welchen Surirella calcarata, Difflugia corona, Metopidia oxysternum, Macrobiotus macronyx, Iliocryptus zu den typischen Bewohnern des Diatomeenreichen Schlammes stiller Strombuchten, Altwasser usw. gehören. Außerdem scheint mir noch von besonderer Bedeutung, daß bei Ginsheim auch ein Bach, der Schwarzbach, einmündet, der die Abwässer von Groß-Gerau (mit einer Zuckerfabrik) dem Rheine zuführt; auch die Abwässer von Ginsheim selbst kämen vielleicht in Frage. Hier dürfte wohl die Heimstätte für das auffällige Vorkommen der Bakterienzoogloeen sowie der Zoogloea ramigera zu suchen sein. Daß dann eine einzige dieser Zoogloeen mit ihren tausenden und abertausenden von Bakterien, selbst nur in Bruchstücken auf die Kulturplatte gebracht, das ganze bakteriologische Bild umgestalten muß, liegt auf der Hand.

Ein ganz negatives Resultat ergaben die mit den Plankton-Untersuchungen korrespondierenden Boden-Untersuchungen des Profils am linken Ufer sowie in der Mitte des Stromes: hier wurde nichts als blanker feiner Kies und Sand zu Tag gefördert, ohne jede Spur von Organismen. Dasselbe ergab auch das rechte Ufer, doch wurden hier noch Flöckchen von Spaerotilus gefunden.

Am Ende meiner Untersuchungs-Strecke angelangt, dürfte es sich empfehlen, noch einmal auf das hinzuweisen, was ich auch am Eingang meines Berichtes betont habe: nämlich daß alle Ergebnisse und Schlußfolgerungen, die gewonnen wurden, nur gelten für den Oktober 1905 herrschenden recht hohen Wasserstand, bei dem die verdünnende und verteilende Wirkung des Stromes den eingeführten Abwässern gegenüber natürlich viel stärker zum Ausdruck gelangen muß, als bei niederem Pegelstande. Wie sich bei letzterem das Bild gestalten wird, sollen die Untersuchungen im März ergeben.

Bericht über die Ergebnisse der vom 14. bis zum 21. Oktober 1905 ausgeführten biologischen Untersuchung des Rheins auf der Strecke Mainz bis Coblenz.

Von

Professor **Dr. Marsson,**

Mitglied der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

In einer am 29. Oktober 1904 im Kaiserlichen Gesundheitsamte stattgehabten Sitzung wurde die Zweckmäßigkeit der biologischen Untersuchung eines größeren Flusses anerkannt; zugleich wurden die Grundzüge für eine im Anschluß an die bisher im Vordergrund stehenden und zurzeit am Rhein in Ausführung begriffenen chemischen Analysen und bakteriologischen Untersuchungen des Wassers (Rheinstrecke von Basel bis Niederwerth) vorzunehmende Befahrung und botanische sowie zoologische Untersuchung des genannten Flußgebietes festgelegt.

Zur Begutachtung des Zustandes des Rheins sollte nicht bloß das treibende lebende Material, also die Mikroflora und Mikrofauna (das Plankton) sowie das Pseudoplankton (Fabrik- und städtische Abfälle), sondern auch die Pflanzen und Tiere des Flußbodens sowie des Ufers herangezogen werden in der Weise, wie solche Arbeiten von Professor Lauterborn, Professor Hofer (München) und den Sachverständigen der Königlichen Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung bereits seit einer längeren Reihe von Jahren zur Ausführung gebracht sind.

Nachdem auf einer in Mannheim am 28. und 29. April 1905 stattgefundenen Konferenz der bei der Rheinuntersuchung beteiligten Forscher unter Leitung des Herrn Präsidenten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes auch im allgemeinen der Zeitpunkt für die drei in Jahresfrist vorzunehmenden biologischen Rheinuntersuchungen festgestellt und der Beschluß gefaßt war, daß die beiden für die betreffenden Arbeiten bestimmten Sachverständigen Professor Dr. Lauterborn aus Ludwigshafen und das Mitglied der Königlichen Prüfungsanstalt Professor Dr. Marsson, Berlin, die erste Befahrung der ganzen Strecke gemeinsam ausführen sollten, wurde in Verfolg dieser Beschlüsse die Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt bezw. Professor Marsson von seiten des Herrn Ministers der Medizinalangelegenheiten mit der Ausführung der biologischen Arbeiten beauftragt.

Nach Befahrung der Rheinstrecke Basel-Weisenau und gemeinsamer Untersuchung derselben mit Professor Lauterborn wurde von Professor Marsson vom 14. bis zum 21. Oktober 1905 die Strecke Waisenau-Niederwerth untersucht; die Resultate sind nachstehend aufgeführt:

Über diese Strecke sei folgendes vorausgeschickt:

Wenn der Rhein auf der genannten oberen Strecke, wie in dem Lauterbornschen Bericht ausgeführt, durch die verschiedenartigsten Zuflüsse ein wechselndes Bild in den verschiedenen Phasen einer fortschreitenden und rückschreitenden Selbstreinigung aufwies, so zeigte der Rhein von Waisenau bis Coblenz-Niederwerth ein ziemlich gleichmäßiges Bild. Abgesehen von dem zufließenden schlechten Wasser des Mains, welches sich unterhalb des Binger Lochs jedoch immer mehr mit dem Rheinwasser mischte, führte der Rhein auf der genannten Strecke in Betracht kommende Verunreinigungen mehr von oberhalb mit sich, wie aus gelöster organischer Substanz hervorgegangene Fadenpilze; diese Feststellung wurde vom Berichterstatter schon gelegentlich früherer Mainuntersuchungen gemacht, besonders während der kalten Jahreszeit.

Sonnabend, den 14. Oktober 1905.

I. Rhein bei Waisenau 1 km oberhalb Mainz.

A. Linke Stromseite. Sichttiefe 33 cm.

a) Flußboden: viel Sand, etwas gröberer Kies ohne Besatz.

b) Im Wasser treibendes Material (Plankton): viel mineralischer Detritus; Tabellaria fenestrata forma asterionelloides häufig, gleichfalls Fragilaria crotonensis, Navicula viridis einzeln, Oscillatoria agardhi bezw. Oscill. rubescens[1]) nicht selten. Ceratium hirundinella, Asplanchna priodonta schwach lebend, Triarthra longiseta abgestorben, Dinocharis lebend, Anuraea cochlearis häufig, meist lebend, Polyarthra platyptera meist abgestorben, einzeln noch Synchaeta tremula und Brachionus pala; Cyclops meist abgestorben mit noch vegetierendem Colacium vesiculosum besetzt, Diaphanosoma brachyurum und Ceriodaphnia ganz einzeln, schwach lebend. Sphaerotilus natans nicht selten, Zellulosefasern, Holzfasern, Stärkemehlballen.

Ein großer Teil der hier aufgeführten Organismen stammt aus dem Oppenheimer Hafen und treibt auf der linken Stromseite weiter, die Rotatorien sind meist im Absterben begriffen, gleichfalls die Copepoden.

B. Strommitte. Sichttiefe 31.

a) Plankton mit viel mineralischem Detritus: Tabellaria fenestrata forma asterionelloides, Fragilaria crotonensis, Asterionella gracillima, Nitzschia sigmoidea lebend und abgestorben, Ceratium hirundinella, Uroglena volvox; Arcella vulgaris,

---

[1]) Die Trichome dieser sporenfreien wasserblütebildenden Alge, welche bei der Untersuchung des frischen Materials (bei schwächerer mikroskopischer Vergrößerung) während der Rheinbefahrung von Professor Lauterborn und mir für Aphanizomenon gehalten wurde, bestimmte ich später teils als Oscillatoria agardhi teils als Oscill. rubescens. Beide Formen sind schwer zu trennen. Bei der nächsten Befahrung sollen genauere Untersuchungen an frischem Material angestellt werden. In diesem Berichte ist die Alge fernerhin ausschließlich als Oscill. agardhi bezeichnet.

Anuraea cochlearis, Polyarthra platyptera, Synchaeta pectinata u. a., alle mehr vereinzelt, teils lebend, teils abgestorben, Nauplien; Alonapanzer, Fragmente von Moos, Cladophora und Vaucheria.

b) Flußboden: wenig feiner Kies und Blätter verschiedener Art, azoisch.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 31.

a) Plankton mit viel mineralischem Detritus, wie Probe I. B., a., jedoch weniger lebende Rotatorien. Auf dieser Seite sind Zellulosefasern in größerer Menge vorhanden, ebenso Flöckchen von Sphaerotilus natans.

In der Eimerprobe (mittels Eimers von der Oberflache geschöpftes Rheinwasser) sind mit bloßem Auge Sphaerotilusflocken nicht zu bemerken.

b) Flußboden: wenig Sand und Kies; im Dretschebeutel kleben einige Sphaerotilusflocken.

Es machen sich demnach auf der rechten Uferseite die Abwässer der oberhalb Rhein-Dürkheim gelegenen Strohstofffabrik, vielleicht auch der Waldheimer Zellulosefabrik selbst hier noch bemerkbar.

II. Rhein bei Mainz, unterhalb Mainzufluß, 150 km oberhalb der Straßenbrücke.

A. Strommitte. Sichttiefe 35.

a) Flußboden: feiner Kies, Kartoffelschalen und Haare.

b) Plankton, Netz verschmiert mit braunen, fettigen, teerartigen Massen: typisches Rheinplankton wie oben aufgeführt (d. h. vorwiegend Tabellaria fenestrata forma asterionelloides, Fragilaria crotonensis, Asterionella gracillima, Oscillatoria agardhi, Ceratium hirundinella, viel mineralischer Detritus, vereinzelt Anuraea cochlearis und Polyarthra platyptera und Nauplien); zu bemerken ist, daß hier Anuraea und Polyarthra nur in sehr wenigen lebenden Exemplaren vorkommen; viel organischer schwärzlich gefärbter Detritus mit Textilfasern, auch Fett; Sphaerotilus ist nicht selten.

B. Linke Flußseite. Sichttiefe 31.

a) Plankton: typisches Rheinplankton mit makroskopisch bemerkbarem Sphaerotilus, sowie vereinzelt Zoogloea ramigera, ferner Pandorina morum, Synchaeta tremula, fast farblose Chantransiafragmente, Oscillatorienbruchstücke, Ulothrixfäden, Insektenfüße usw.

b) Flußboden: feiner Kies mit Koksstücken, vereinzelt Enteromorpha intestinalis, sonst abiotisch.

C. Rechte Flußseite. Sichttiefe 32,5.

a) Plankton: wie oben, doch viel mehr organischer Detritus, viel Zellulosefasern, Fett, Sphaerotilus natans makroskopisch häufig, am Detritus haften Vorticellen; ferner finden sich hier Synura uvella, Pediastrum boryanum, Dinobryon cylindricum var. divergens, Synchaeta pectinata und tremula, vereinzelt Bosmina cornuta, Cyclops und Nauplius, Dauereier von Brachionus.

b) Flußboden: viel Sand und feinerer Kies mit Koksstückchen; abiotisch.

III. Main vor Ausfluß in den Rhein.

Färbung am 14. Oktober nachmittags: deutlich rotbraun.

Färbung am 16. Oktober morgens (nach voraufgegangenem Sonntag, an dem nur wenig Abwässer abfließen) schwach rotbraun.

1. Vor der Mündung am 14. Oktober. Sichttiefe 44.

a) Plankton: viel Sphaerotilus, auch makroskopisch sichtbar, viel Zellulosefasern, vereinzelt Textilfasern; Synura uvella; von Abwasserprotozoen Vorticellen und Stentor polymorphus, sonst noch vereinzelt Pandorina morum und Pediastrum boryanum.

2. An der Kostheimer Schleuse:

a) Plankton: sehr viel schwarzer Detritus mit viel Schwefeleisen durchsetzt, Farbstoffpartikel von verschiedener Färbung, Synura uvella, Pediastrum duplex und boryanum, Cryptomonas ovata, Oscillatoriabruchstücke; Arcella vulgaris, Centropyxis- und Codonellaschalen; von Abwasserorganismen: Stentor coeruleus und polymorphus, Vorticellen auch schwärmend und Trachelius ovum; von Diatomaceen: Stephanodiscus hantzschi, Pleurosigma attenuatum, Surirella splendida und Fragilaria capucina, ferner sind Nematoden nicht selten, auch Chaetogaster und Macrobiotus, sowie Diglena, Euchlanis und Anuraea stipitata.

b) Besatz an den Nadeln des Wehrs: viel Sphaerotilus, zum Teil in Zersetzung übergegangen; in diesen Pilzmassen leben viele Larven von Wassermotten (Hydropsyche) und Egel (Nephelis vulgaris), auch kleine Planorbis.

3. Unterhalb der Kostheimer Schleuse:

Flußboden: Kies und Holzstücke (letztere aus der Kostheimer Zellulosefabrik stammend); hier finden sich auch Vertreter der gröberen Fauna, wie Schnecken (Limnaea auricularia), Clepsinen und Nephelis mit Kokons auf den Steinen, Spongillen sowie Larven von Elmis und von Trichopteren.

Montag, den 16. Oktober.

IV. Rhein unterhalb des Mainzuflusses: Temperatur der Luft morgens 8½ Uhr 8,3°, Temperatur des Wassers 9°, Sichttiefe des Rheins mit beigemengtem Mainwasser 29.

1. Besatz an der am rechten Ufer gelegenen Badeanstalt: viel organischer und mineralischer Detritus, zersetzte Cladophora, von Diatomaceen vorwiegend Melosira varians und Pleurosigma attenuatum, sonst noch Oscillatoria tenuis, Nematoden, Chironomidenlarven und Alona.

2. Plankton: wie am 14. Oktober, viel Sphaerotilus und Zellulosefasern; Arcella usw.

3. Plankton an der Straßenbrücke: wie in Probe 2.

4. Linkes Ufer, an den Abwasserzuflüssen der Stadt Mainz entlang gedretscht.

a) Schlackenstücke mit Chironomus-Larven.

b) Blätter und anderer Abfall, kein Sphaerotilus.

c) weiter unterhalb an anderen städtischen Zuflüssen entlang, teils zwischen am Ufer lagernden Kähnen; mit der Dretsche wurden gehoben Gammarus pulex, Larven von Hydropsyche und von Chironomus; Enteromorpha intestinalis; kein Sphaerotilus.

5. Am unteren Siel, in der Nähe der Kaiserbrücke.

a) Plankton: sehr viel Detritus aller Art, mit gelbgefärbten Muskelfaserresten (als Leitfragmente für Fäkalien), von Wasserpilzen Mucorhyphen und Sphaerotilus, sonst typisches Rheinplankton mit Oscillatoria tenuis; saprobe Protozoen, wie sie im Mainplankton vorkamen, finden sich hier nicht vor.

b) Besatz an Steinen unterhalb des Ausflusses eines kleinen Siels: mineralischer Detritus mit vereinzelten Rheinplanktonten; auch die hier teils im Wasser wachsenden Pflanzen zeigten keinen schleimigen Besatz von Wasserpilzen und dergl.

c) Besatz unterhalb eines größeren Siels: derselbe negative Befund.

d) ebenda einige Meter unterhalb gedretscht: grober Kies und Steine mit vielen Larven von Hydropsyche, auch der Bachflohkrebs Gammarus pulex ist hier überall zu finden. Sphaerotilus fehlte selbst im Dretschebeutel.

Eine nicht unbedeutende Verschmutzung zeigte der Main. Namentlich in dem zeitweise angestauten Wasser an der Kostheimer Schleuse kamen die im Mainwasser enthaltenen fäulnisfähigen und faulenden Substanzen durch das reichliche Auftreten von verschiedenen saproben Protozoenarten bei der mikroskopischen Untersuchung zum deutlichen Ausdruck. Die aus verschiedenen am Main gelegenen Zellulosefabriken stammenden Zellulosefasern waren an der rechten Rheinseite noch in reichlichen Mengen nachweisbar. Die Verunreinigungen durch Farbstoffe, wie sie aus den Griesheimer und Höchster Farbwerken, sowie auch aus den weiter oberhalb gelegenen Anlagen in den Fluß gelangen, schädigen weniger die Lebewesen desselben, als sie durch ihre meist rotbraune Färbung des Wassers auf die menschlichen Sinne widerlich wirken, zumal dann, wenn das Flußwasser durch schwarzen, viel Schwefeleisen enthaltenden Detritus eine schmutzige Beimischung enthält.

Die Abwässer der Stadt Mainz machten sich auffälligerweise wenig bemerkbar; es bleibt zu untersuchen, ob die im Oktober 1905 statthabende hohe Wasserzuführung des Rheins an der Verwischung der Verunreinigungen stark beteiligt ist, oder ob der Grund darin zu suchen ist, daß die Mainzer Abwässer sehr verdünnt sind; nach Angaben von Baurat Schmidt enthalten sie keine Fäkalien; diese sollen abgefahren werden. Am unteren Siel wurden freilich im dort gefischten Plankton gelb gefärbte Muskelfasern als Leitfragmente für Fäkalien auf mikroskopischem Wege festgestellt.

V. Rhein und Salzbach, welch letzterer die Wiesbadener Abwässer in den Rhein führt.

An der Mündung des Salzbaches liegt am linken Ufer die Chemische und Kunstdüngerfabrik von Albert, am rechten Ufer die Anilinfarbenfabrik von Calle & Co. In der Nähe derselben war ein deutlicher Geruch nach Salzsäuredämpfen wahrzunehmen.

1. Vor der Mündung liegendes Floß mit grünem Besatz an der Spritzzone: Stigeoclonium tenue und Palmellen.

2. ebenda, Sichttiefe um 1 Uhr: 31.

Flußboden: Blätter und anderer Abfall mit Sphaerotilusbesatz.

3. Salzbach: Wasser stark getrübt mit gleich eintretender alkalischer Reaktion. Beim Berühren des Grundes mit dem Bootshaken steigen stark stinkende Gasblasen auf.

a) treibende Fladen: Detritus aller Art mit Textilfasern usw., auch gelb gefärbte Muskelfasern sind häufig.

b) graue Flocken an untergetauchten Aststückchen: meist Vogelfederreste mit denselben Abfällen wie in a). Beide Proben enthalten Schwefeleisen und sind stinkend.

c) Beggiatoaähnliche Flocken: viele Textilfasern, namentlich von Wolle mit reichlich Beggiatoa alba und leptomitiformis, Colpidium colpoda und Colpoda cucullus; in diesen Flocken sind auch gelb tingierte Muskelfasern wieder häufig.

d) Schlamm vom Grunde: schwarz und fäkalartig stinkend; mit Salzsäure übergossen findet starkes Aufbrausen statt unter deutlicher Schwefelwasserstoffentwicklung (Anwesenheit von Calciumkarbonat und Schwefelverbindungen). In dem Schlamm finden sich einige lebende Tubificiden.

4. a) und b) Zwei Ausflüsse aus der Calleschen Fabrik: mit der Dretsche und mit Lackmuspapier negative Resultate.

5. Ufer unterhalb der Calle'schen Fabrik und des Salzbaches:

a) Pilzbesatz ist an allen untergetauchten Blättern und Halmen vorhanden; Sphaerotilus natans und roseus mit Colpidium colpoda u. a. saproben Protozoen.

Bei dem in den letzten Tagen immer höher gewordenen Wasserstande zeigten die oberen Blätter nur geringen Besatz, teilweise auch gar keinen; die weiter untergetauchten desto mehr.

Die Sichttiefe im Rhein unterhalb des Salzbachzuflusses betrug nur 18.

b) Dretsche, an den Stellen im Strom, wo nach Angabe die Calleschen Abwässer einmünden: schwefeleisenhaltiger Sand, auch mit Schwefeleisen überzogene Kirschkerne. Mehrere rote Larven von Chironomus plumosus, sonst nichts Bemerkenswertes.

c) Im Rhein, Nähe des Ufers, vereinzelt treibende schleimige Massen: Sphaerotilus mit Colpidium colpoda. Sichttiefe im Rhein 30 m vom Ufer aus 35 cm, am Ufer selbst wieder nur 18, ein Beweis, daß sich das Salzbachwasser nahe am Ufer hinzieht.

d) 100 m unterhalb des Calleschen großen Abwasserrohres, welches ungefähr 30 m vom Ufer entfernt in den Rheinstrom mündet; Flußboden: große Steine mit Vorticellenbesatz, auch Sphaerotilus natans und roseus; viele Egel (Nephelis vulgaris) und rote Chironomus-Larven finden sich zwischen den Steinen.

e) Ufernähe, 100 m unterhalb des Salzbachflusses. Flußboden: große Steine mit viel Sand. Derselbe Befund wie in 5d, nur die Sphaerotilusflocken viel größer, auch ist der ganze Dretschebeutel mit schleimigen grauen Pilzmassen verklebt, hier sind besonders die roten Larven häufig; die größeren Steine zeigen meist tiefschwarzen Belag von Schwefeleisen.

Durch die Albertsche Kunstdüngerfabrik gelangen scheinbar keine schädlichen Abwässer in den Fluß. Aus der Calleschen Fabrik schienen zur Zeit der Untersuchung, mittags, keine Abwässer unter Wasser abzufließen; diese werden nach An-

gabe während der Nacht abgelassen, zur Tageszeit „nur zuweilen". Schädliche Wirkungen auf die Fauna des Grundes ließen sich zurzeit nicht konstatieren.

Der Salzbach ist äußerst stark verunreinigt, vermutlich zum größten Teil durch die Wiesbadener Abwässer. Starke Zersetzungen unter Schwefelwasserstoffentwicklung finden sogar noch vor der Mündung in den Rhein statt (Beweis: Beggiatoen und sehr viel Schwefeleisen) bei Anwesenheit von reichlicher Faulsubstanz (Sphaerotilus mit saproben Protozoen und intensiver Gestank des Schlammes und der treibenden Fladen), Leitfragmente von Fäkalstoffen sind reichlich vorhanden. Das Salzbachwasser hält sich noch mehrere 100 m in der Ufernähe, wo seine starke Verunreinigung durch den Pilzbesatz an den Uferpflanzen sowie durch reichliche Bildung von Schwefeleisen auf den Steinen des Grundes zum Ausdruck kommt.

Dienstag, den 17. Oktober.

Temperatur der Luft 7,1°, des Wassers 8,4°, Sichttiefe vor Mainz 25 cm.

Reaktion des Wassers wie alle Tage vorher schwach alkalisch nach 5 Minuten langer Einwirkung auf Lackmuspapier.

VI. Der Ochsenbach nimmt die Straßenabwässer von Biebrich auf, gleichfalls noch andere kleine Zuflüsse.

1. Kanal in den Ochsenbach mündend mit stark trübem Wasser und deutlicher sofort eintretender alkalischer Reaktion.

a) Bodenbelag: Detritus aller Art mit Sphaerotilus und vielen saproben Protozoen wie Stentor coeruleus und polymorphus, Paramaecium caudatum, Hyalodiscus limax, Epistylis umbellaria, vielen Nematoden; Oscillatorien und Chironomuslarven; von Diatomaceen am häufigsten Stephanodiscus hantzschi.

2. Ochsenbach selbst, gleichfalls stark trübe mit schwach alkalischer Reaktion.

a) Schlamm: mit denselben Organismen wie in 1., doch mehr vereinzelt.

3. Rheinufer unterhalb des Ochsenbaches; Steine unter Wasser mit schwachem Sphaerotilusbesatz und jungen Chironomidenlarven in Röhren. Hier ist wieder der Bachflohkrebs Gammarus pulex vertreten. Am Grunde findet sich Lithorinellenkalk.

Die Sichttiefe beträgt 2 m unterhalb des Ausflusses 26.

Auf den Rhein vermochten die Biebricher Stadtabwässer bei dem Hochwasser keinen schädlichen Einfluß auszuüben.

VII. Abfluß der Abwässer mehrerer Fabriken 1. Düngerfabrik, 2. Teerprodukte, 3. Vaselinefabrik) oberhalb des Schiersteiner Hafens im abgebauten Stromteile unterhalb dieser Fabriken im toten Winkel mit etwas Rheinwasserzutritt.

1. Schlamm: nichts Bemerkenswertes.

2. Besatz an ins Wasser tauchenden Weidenblättern: Sphaerotilus.

3. Flußboden etwas weiter dem Rhein zu: feiner Kies mit Lehm; nach dem Absieben bleiben große Tubificiden zurück.

4. Plankton: Viel Zellulose- und Holzfasern, (letztere nach Angabe von einem Dampfsägewerk herrührend), Sphaerotilus, Stentor coeruleus und polymorphus, Carchesium lachmanni, Nematoden lebend und abgestorben, Synura uvella, Notholca labis, Pediastren usw.

VIII. Schiersteiner Hafenmündung. Hier sammelt sich der Rheinschlamm zu größeren Bänken an, welche von Zeit zu Zeit ausgebaggert werden müssen.

1. Flußboden: Schlamm schwach stinkend, auf dem Siebe bleibt zurück feiner Kies mit vielen roten Larven von Chironomus plumosus und einigen Tubificiden; lebende Mollusken finden sich nicht, nur leere Schalen von Sphaerium.

2. 50 m unterhalb des Ausflusses der Schiersteiner Kanalisation, jedoch stromaufwärts gedretscht: nur Kies mit großen Anodontaschalen und solchen von Dreissensia; von lebenden Grundbewohnern: Nephelis und Asellus aquaticus.

Im Dretschebeutel Sphaerotilusflocken mit Kolonien von Carchesium lachmanni häufig.

Carchesium lachmanni tritt jetzt mehr und mehr auf. Die einzelnen Verunreinigungen sind nicht bedeutend, jedoch bewirkt die Häufung derselben eine charakteristische Vermehrung der bakterienfressenden Protozoen, besonders der ciliaten Saprobien.

Da das Tagesprogramm noch ein großes war und das Schiff der nächsten Wasserbauinspektion in Bingen schon bereit lag, mußte eine eingehendere Untersuchung der Verhältnisse auf dieser Strecke für die nächste Befahrung im März vorbehalten bleiben.

IX. Flußprofil zwischen Schierstein und Walluf einerseits und Budenheim andererseits.

A. Rechte Flußseite. Sichttiefe 36.

a) Plankton, fünf Minuten langer Durchstrom durch das große Planktonnetz mit Seidengaze 20: Viel schwarzer Detritus mit vielen Zellulosefasern, auch Textilfasern und gelb tingierte Muskelfasern sind nicht selten, Sphaerotilusflocken vereinzelt. Neben den typischen Rheinplanktonten und Arcella sowie Euglypha kommen hier vor von saproben Protozoen: Stentor coeruleus und Aspidisca lynceus, ferner Rotifer vulgaris, Actinurus neptunius und Brachionus angularis, von saproben Diatomaceen sehr viel Stephanodiscus hantzschi mit var. pusillus, Nitzschia acicularis etwas mehr vereinzelt, von anderen Kieselalgen Stephanodiscus astraea, Melosira ambigua und tenuis, Navicula cryptocephala, Cyclotella meneghiniana, Surirella splendida, Fragilaria capucina, Synedra ulna var. splendens und abgestorbene Synedren, Surirellen, Cyclotellen sowie Nitzschia sigmoidea; vereinzelt finden sich weiter vor Synura uvella, Scenedesmus quadricauda und obliquus, Pediastrum boryanum var. longicorne (lebend und abgestorben), Asplanchna priodonta, Bosmina cornuta, Nauplien und Chironomideneier; auch einige Fäden von Oscillatoria tenuis, Cladophora glomerata und abgestorbene Closterien kommen vor.

b) Flußboden: größere Steine mit graugrünem Besatz und Kokons von Nephelis; ein grauer Spongillenstock sowie Cristatella mucedo; auch lebend Paludina vivipara und Asellus aquaticus.

c) Pontonbesatz:

1. In der Spritzzone: Cladophora glomerata und wenig Stigeoclonium; Chironomuslarven, Nematoden, Rotifer vulgaris, Chilodon cucullulus und Melosira varians.

2. 20 cm tiefer: dieselben Organismen, doch mehr Chilodon cucullulus und viel mehr Melosira varians; daneben auch Tubificiden, Synedren u. a. Diatomaceen.

B. Strommitte. Sichttiefe 24.

a) Plankton: ähnlich wie in A, doch nur wenig Zellulosefasern, auch weniger Stephanodiscus und Sphaerotilus; keine Nitzschia acicularis und keine Scenedesmen; ferner kommen hier vor: Melosira ambigua und tenuis, Nitzschia palea, sigmoidea und linearis, Surirella ovalis var. ovata, Microneis minutissima (Kuetz.) Cleve, Pleurosigma attenuatum, Encyonema ventricosum, Navicula cryptocephala und Fragilarien, Asterionella (vier- und achtstrahlig), Cyclotella, Cymbella usw., letztere auch abgestorben; von Vertretern der Mikrofauna nur einzelne Nauplien und eine Triarthra longiseta.

b) Flußboden: sehr viel Sand; gesiebt: wenig feiner Kies und Schlackenstücke. Der gröbere Kies wird hier — im Gegensatz zu der oberen Rheinstrecke unterhalb Basel bis Speyer — bei der geringen Strömung nicht mehr weitergeführt, wenigstens nicht andauernd in der Strommitte; ein Teil desselben bleibt an den Seiten liegen.

An einem Schlackestückchen befanden sich Larven von Hydropsyche und einige andere Trichopteren-Larven, wenig Sphaerotilus sowie Aelosoma quaternarium.

C. Linke Flußseite (Station 110). Sichttiefe in 3 Messungen 25.

a) Plankton: viel Detritus, mehr wie in der Strommitte, wenig Sphaerotilus, jedoch auch Zoogloea ramigera wie am linken Ufer bei Mainz festgestellt, Zellulosefasern in mäßiger Menge; von typischen Rheinplanktonten besonders viel Tabellaria, auch Oscillatoria agardhi und Ceratien nicht selten, Asterionella vier- und achtstrahlig gleichfalls, Fragilarien (crotonensis und capucina) seltener, vereinzelt Melosira ambigua und tenuis, jedoch die stattgehabte Verunreinigungen anzeigende Melosira varians häufiger, ferner kommen vereinzelt vor Pandorina, Botryococcus (grün), Gomphosphaeria lacustris, Alona sp., Nauplien, Moosfragmente und Spongillennadeln. Von abgestorbenen Kieselalgen Synedra ulna, Rhoicosphenia, Cocconeis und Pleurosigma.

b) Flußboden: Sand, auf dem Siebe bleiben zurück: Fragmente von Fontinalis, Gammarus pulex, vereinzelt Larven von Brachycentrus und Tubificiden.

c) Besatz an der Badeanstalt, mit dem Pfahlkratzer entnommen:

α) In der Spritzzone: Oscillatoriafäden (Oscillatoria anguina, auch etwas Phormidium uncinatum), Diatoma vulgare und Frontonia sp.

β) In $^1/_4$ m Tiefe: viel mineralischer Detritus und potamophile Diatomaceen, besonders Diatoma vulgare, Synedren, Pleurosigma usw., dazwischen sind junge Chironomidenlarven nicht selten, ebenso Nematoden, auch Rotifer vulgaris.

Es ist bei der Begutachtung der drei Profilproben interessant zu sehen, wie es nach der neuen Methode der Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna, je nach dem Vorkommen gewisser im lebenden Zustande vorgefundener Organismen und weiter nach deren Menge möglich ist, ein schnelles Urteil über die Art der Verschmutzung zu erhalten, sogar bei statthabendem Hochwasser.

Zuerst wurde durch solche Befunde klargestellt, daß eine eigentliche Durchmischung der vom rechten Ufer kommenden Neben- und anderen Zuflüsse noch nicht stattgefunden hat.

Am rechten Ufer ist durch die Anwesenheit saprober Organismen, sowohl von Protozoen wie von Rotatorien und namentlich durch deren Menge der Beweis erbracht, daß faulende Stoffe hier im Rheinwasser vorhanden sind. Es ist als ziemlich sicher anzunehmen, daß dieselben aus dem Wiesbadener Abwasser herstammen. Weiterhin ist auch noch der Beweis erbracht, daß von diesen Faulstoffen schon ein gewisser Teil einem biochemischen Mineralisierungsprozesse unterlegen ist. Dafür spricht das reichliche Vorkommen gewisser Diatomaceenarten, deren Vermehrung nach den langjährigen, bis jetzt nur teilweise publizierten Beobachtungen und Untersuchungen des Berichterstatters bedingt ist durch die Anwesenheit von Nitraten, welche sich aus dem Ammoniak des Eiweiszerfalles gebildet haben. Unter solchen Kieselalgen kommen in erster Linie die im rechts gefischten Plankton gefundene Art Nitzschia acicularis in Betracht, sowie die im grünen Besatze an den Pontons gefundene Art Melosira varians, welche hier namentlich an den unteren, längere Zeit unter Wasser gewesenen Stellen in großer Menge wucherte. Diese beiden Arten waren bisher, d. h. bei der oberen Befahrung von Basel ab, noch nicht derart in die Erscheinung getreten,

Die hier erwähnten Leitorganismen, die für gewisse Verunreinigungen und hier für die rechte Flußseite typisch sind, waren in dem im großen Netze in der Strommitte reichlich gefischten Plankton nicht aufzufinden, auch auf dem linken Ufer in nur ganz vereinzelten Exemplaren, welche jedoch wieder auf die Mainzer Abwässer hindeuten. Hierbei kommt auch die in geringer Menge vorkommende Zoogloea ramigera in Betracht, welche sich gleichfalls am linken Ufer bei Mainz vorfand. Bemerkenswert ist es, daß selbst bei Hochwasser diese biologischen Feststellungen noch möglich waren.

Was den Flußgrund betrifft, so konnte bei den Dretschezügen konstatiert werden, daß selbst auf dem am Schiersteiner Profil sandigen Flußgrund die gröbere Fauna vertreten ist, welche sich von den am Boden und an Schlackestücken haftenden Fadenpilzen nährt und zur Beseitigung derselben beiträgt. Sowohl Mollusken als Crustaceen (Gammarus und Asellus) und Insektenlarven verschiedener Art kommen hierbei in Betracht, sowie auch auf niedrigerer Stufe stehende Tiere.

X. Abfluß der Chemischen Fabrik von Goldenberg, Geromont & Co.

In derselben werden Weinhefen und Bodensätze aus Weinbehältern verarbeitet, meist auf Weinsäure.

Am Ausflusse lagern sich große Mengen von rötlichen Abfällen ab; ein im Fabrikgelände zufließender Bach soll die Fortspülung der Abfälle bewirken, zurzeit führt er sie noch durch einen Uferauslaß in den Rhein; demnächst soll ein in die Flutrinne ausmündendes Rohr gestattet werden (nach Angabe des Wasserbauinspektors).

1. Rötlicher Schlamm unterhalb des Ausflusses; abiotisch, mikroskopisch: feine Kristalle meist aus Calciumsulfat bestehend.

2. Abwasser mit beigemengtem Rheinwasser, welches bei dem hohen Wasserstande in den Ausfluß durch die Strömung gespült wird, für die chemische Analyse: Reaktion an Ort und Stelle stark sauer. Spätere chemische Begutachtung: „Weder in der Flüssigkeit noch im Bodensatze konnte Weinsäure nachgewiesen werden. Die

Flüssigkeit reagierte sauer, es handelt sich vorwiegend um Schwefelsäure. Auch im Bodensatze konnte relativ viel Schwefelsäure nachgewiesen werden."

Der ziemlich dunkelrote Farbstrom ließ sich bei der Weiterbefahrung des Rheins noch lange am Ufer hin verfolgen, deutlich wahrnehmbar mit roter Farbe noch 250 m weit; dann war noch auf eine längere Strecke hin eine schwache Rötung des Rheinwassers am Ufer wahrzunehmen; dagegen war die saure Reaktion schon wenige Meter unterhalb des Fabrikausflusses verschwunden.

XI. Rhein bei Rüdesheim.

1. Besatz an Pontons.
   a) In der Spritzzone: grüne Flocken bestehend aus einer dickwandigen Form von Cladophora glomerata, welche teilweise in Zersetzung begriffen waren, besetzt mit viel Diatoma vulgare, dazwischen findet sich häufig Cosmarium botrytis, mehr vereinzelt Nitzschia sigmoidea und Synedra ulna.
   b) Besatz in $^1/_4$ m Tiefe: gleichfalls Cladophora mit Diatoma vulgare, jedoch hier noch viel Melosira varians; ferner findet sich hier das saprobe Infusor Chilodon cucullulus nicht selten, auch Tubificiden.

Rheinwasserstand am Binger Pegel:

Am	14.	Oktober	1906	=	2,80
„	15.	„	„	=	2,75
„	16.	„	„	=	2,82
„	17.	„	„	=	2,85.

Der Rhein ist in den beiden Untersuchungstagen auf der Strecke Mainz-Bingen nur wenig gestiegen; jedoch ist die Stromführung und der Wasserstand noch ein so großer, daß die durch den Main bewirkten Verunreinigungen sich bei Rüdesheim vermischt und verwischt zu haben scheinen. An den unteren Teilen des Ufers bezw. Pontonbesatzes finden sich noch saprobe Protozoen, deren Vorkommen wohl noch immer durch die schlechten Wiesbadener Abwässer veranlaßt ist; die Bildung der Melosira varians hierselbst deutet dagegen auf schon stattgefundene Mineralisierungsprozesse hin.

XII. Nahe.

150 m oberhalb der Mündung in den Rhein: Sichttiefe 35.

1. Plankton: viel dunkler Detritus, wenig mineralischer; auch nur wenig Sphaerotilus, meist in dichotomer Form, einzlene Fäden von Oscillatoria chalybea, Fragmente von Chantransia chalybea; ferner Pediastrum boryanum genuinum und longicorne, Closterium acerosum nicht selten, Closterium moniliferum in Zersetzung, einzelne Spirogyrafäden, ziemlich viel Cymatopleura elliptica, auch Nitzschia sigmoidea ist häufig, Nitzschia palea selten, nicht selten dagegen Melosira varians und ambigua, Navicula cryptocephala und radiosa, Diatoma vulgare in Ketten; einzeln noch Pinnularia viridis, Fragilaria capucina und construens mit var. venter, Cocconeis pediculus und placentula und Campylodiscus; von abgestorbenen Kieselalgen ist häufig Surirella biseriata, auch Surirella splendida, einzeln Synedra ulna und Gomphonema parvulum. Von Vertretern der Mikrofauna findet sich Arcella vulgaris häufig, seltener Difflugia pyriformis, Acantho-

cystis turfacea, Euchlanis triquetra, Diglena spec., Philodina roseola und Nematoden; vereinzelt kommen ferner vor junge Tubificiden und junge Chironomidenlarven, nicht selten auch Alonapanzer und Spongillennadeln.

Der Nahefluß ist der vor der Mündung in den Rhein statthabenden Aufstauung entsprechend nicht arm an Organismen, jedoch fehlen die typischen Planktonformen, wie solche auch der Rhein mit sich führt (Asterionella, Tabellaria), und die sonst häufigen Rotatorien (wie Anuraea und Polyarthra) usw. Gewisse Formen deuten auf schwächere bezw. stattgehabte Verunreinigungen hin, wie Sphaerotilus dichotomus, Closterium acerosum, Melosira varians, Navicula radiosa, Nematoden usw.

Mittwoch, den 18. Oktober 1905.

XIII. Aßmannshausen.

Temp. des Wassers 7,4 ° bei 4,4 ° Lufttemperatur, Reaktion des Wasser gleichmäßig wie früher.

I. Profil A. Rechte Flußseite, Sichttiefe im stillen Wasser 32.

a) Plankton: typische Rheinplanktonten wie früher, auch Synedra delicatissima; viel Zellulosefasern und Holzfasern, auch Sphaerotilus natans nicht selten; sonst noch Stephanodiscus hantzschi und var. pusillus, Pediastrum duplex, Arcella vulgaris und abgestorbene Synedren und Epithemien sowie Spiculae.

b) Flußboden: kein Kies (wohl nackter Fels), Vivipara fasciata und Nephelis vulgaris

c) Pontonbesatz:

1. In der Spritzzone: Cladophora glomerata teils abgestorben mit etwas Fontinalis und Chantransia chalybea, die meist verblaßt ist, auch rötliche Fäden dieser Alge, wenig braun gewordene; vereinzelt noch Diatoma vulgare.
2. In $^1/_2$ m Tiefe: wenig Cladophora, Ketten von Diatoma vulgare, Diatoma elongatum, Melosira varians nicht selten, Synedra ulna var. splendens, auch solche abgestorben, gleichfalls Chantansiarasen noch stahlblau sowie rötlich, dazwischen Philodina roseola, Nematoden, auch einzelne Vorticellen und Oscillatoriabruchstücke. Spiculae; ferner noch einzeln Büschel von Plectonema tomasianum.

B. Strommitte, Sichttiefe 25.

a) Plankton: wie auf der rechten Flußseite, doch etwas weniger Zellulosefasern, auch Sphaerotilus und zersetzte Cladophora mit Vorticellen; Nitzschia sigmoidea.

b) Flußboden: azoisch, nur wenig feiner Kies, Blätter und Halme.

C. Linke Flußseite, Sichttiefe 30.

a) Plankton: wie in der Mitte, auch Zellulosefasern und wenig Holzdetritus, Sphaerotilus und zersetzte Cladophora wie in der Mitte, Melosira varians und Nematoden.

b) Flußboden: nur sehr wenig feiner Kies und einzelne Blätter; auch hier nackter Fels.

Die am linken Ufer befindlichen Buhnen und deren Stauwinkel konnten nicht untersucht werden, da dieselben gänzlich überflutet waren.

Bei dem statthabenden Hochwasser macht sich die Verdünnung durch das Nahewasser nicht bemerkbar. Der Unterschied auf den drei Profilstrecken war ein geringer, nur trieben auf der rechten Seite mehr Zellulosefasern wie in der Mitte und am linken Ufer. Absterbende treibende Algen bildeten unbedeutende lokale Verunreinigungen, besonders in der Strommitte.

II. Felsen vor Aßmannshausen aus dem Rhein herausragend, genannt „großer Leisten".

a) Felshöhlung mit Regenwasser angefüllt, in den Löchern schwarzer Schlamm mit modernden Blättern und grünen Überzügen: Stigeoclonium tenue und dessen Palmellenstadien, dazwischen kommt das Rädertier Philodina roseola häufig vor, ferner Cyclogramma rubens, an anderen Stellen noch der Ostrakode Cypris virens.

b) Größerer Felsspalt mit Regenwasser und schwarzem Detritus: Palmelloide Stadien von Stigeoclonium und sehr viel lebende Ostrakoden, sowie deren Schalen: Cypris virens und Cypris incongruens, Leydigia quadrangularis; Gloeocystis botryoides, viel Scenedesmus quadricauda und obliquus, Rhaphidium brauni, Chlorella vulgaris, Cysten von Haematococcus pluvialis, Closterium lunula, Gomphonema angustatum, Nitzschia palea und linearis var. tenuis, Nitzschia acicularis (einzeln), sowie Lyngbya kuetzingi var. distincta.

c) In den unter Wasser befindlichen Spalten sind die lebenden Organismen weggeschwemmt.

Die Stromgeschwindigkeit betrug nach Schätzung der Beamten im Binger Loch $2^3/_4$ bis 3 m, bei Aßmannshausen ungefähr $2^1/_2$ m.

XIV. Wisper, Mündung derselben am rechten Ufer bei Lorch; am oberen Laufe derselben befinden sich Essig- bezw- Holzessigfabriken.

1. Wisperwasser kurz vor der Mündung: Reaktion völlig neutral, auch Geruch normal.

2. Steine im Rhein unterhalb der Mündung: frei von Besatz, auch ohne Sphaerotilus; ein Cottus gobio wird hier gefangen, sein Darmtraktus erweist sich ohne Inhalt.

Die Sichttiefe ungefähr 100 m unterhalb der Wispermündung beträgt 55; es ist im Rhein demnach eine Verdünnung durch das Wisperwasser nachzuweisen.

XV. Profil St. Goar-St. Goarshausen.

A. Rechte Flußseite. Sichttiefe 29.

a) Plankton: typische Rheinplanktonten wie oberhalb, ebenso viel mineralischer Detritus; auch hier haben sich die Zellulosefasern kaum vermindert, Sphaerotilus natans ist im mikroskopischen Bild noch reichlich vorhanden, während bei makroskopischer Besichtigung nur einzelne Flöckchen zu bemerken sind. Vorticellen sind nicht selten, Cryptomonas erosa einzeln, einzelne Fäden von Oscillatoria limosa, von Kieselalgen Stephanodiscus hantzschi und Navicula cuspidata, Insektenhäute u. a. Detritus.

b) Flußboden: nur Gammarus pulex und Larven von Baetis.

c) Pontonbesatz: Cladophora glomerata mit viel Diatoma vulgare und reichlich Chantransiarasen, einzelne Fäden von Chaetophora; von Diatomaceen nur einige Gom-

phonemen und Schalen von Cymatopleura elliptica, Pleurosigma attenuatum usw., auch einige gestielte Vorticellen sind vorhanden, ferner noch Larven von Hydroptila.

B. Strommitte. Sichttiefe 26.

a) Plankton: wie bei A, nur weniger Zellulosefasern, und etwas mehr typische Rheinplanktonten besonders Oscillatoria agardhi, Tabellaria, Asterionella und Ceratium hirundinella.

b) Flußboden: nichts.

C. Linke Flußseite. Sichttiefe 28.

a) Plankton: wie in A, nur weniger Zellulosefasern und Sphaerotilus, mehr animalischer Detritus wie Bosminenpanzer Insektenhäute, Spiculae usw.

b) Flußboden: nichts.

c) Pontonbesatz: Cladophora glomerata, teils absterbend mit Chantransiarasen und Larven von Chironomiden, von Hydroptila und von Simulium.

Auch ein Dretschezug beim Loreleyfelsen in der Strommitte blieb resultatlos, trotz großer Beschwerung der Dretsche und Verlängerung des Seils um 10 m.

XIV. Rhein bei Osterspay, hier hilden sich unterhalb der Stromknickung größere Sandanhäufungen.

1. Flußboden: Dretsche voll von Sand, nach dem Absieben wenig gröberer Kies; azoisch.

XVII. Rhein bei Rhens.

1. Besatz an Pontons: Cladophora glomerata mit sehr viel Diatoma vulgare, weniger Melosira varians und Gomphonema olivaceum; mehr einzeln Synedra ulna var. splendens, Encyonema prostratum; einzelne Fäden von Oscillatoria tenuis; Chilodon cucullulus einzeln.

Schädliche Zuflüsse aus den an der oberen Wisper gelegenen Essigfabriken konnten an der Wispermündung nicht nachgewiesen werden; auch die aus den kleinen am Rhein gelegenen Städten und Flecken kommenden geringen Ab- und Spülwassermengen machten sich im Rhein zur Zeit des Hochwassers durchaus nicht bemerkbar, zumal sie nicht andauernd abflossen, keine stagnierenden Stellen bildeten und sogleich mit dem großen Strome vermischt wurden. Während der bei Niederwasser stattfindenden späteren Befahrung soll solchen Zuflüssen mehr Beachtung geschenkt werden.

Bei der Untersuchung der Profilstrecke St. Goar-St. Goarshausen wurden auf den drei Flußseiten noch geringere Unterschiede nachgewiesen als bei den von Aßmannshausen. Auch die Bestimmung der Sichttiefe gab nicht die markanten Unterschiede wie bei einer früheren bei Niederwasser ausgeführten Untersuchung. Die vom Strome mitgeführten Sphaerotilusflocken verringerten sich etwas in ihrer Größe. Die Zellulosefasern, welche dem Rheine aus den oberhalb Mainz gelegenen Zellstoff- und Strohstofffabriken zugeschwemmt wurden, und welche durch die am Main gelegenen Fabriken stark vermehrt wurden, hielten sich auffällig lange, besonders auf der rechten Flußseite, auf welcher sie aus dem Main in den Rhein gelangen. Bei dem Hochwasser konnten solche sich so leicht schwebend erhaltenden Abfälle, ebenso wie die aus den gelösten organischen Bestandteilen der Fabrikabwässer (ganz besonders wieder

aus Zellulose- und Strohstofffabriken) an keiner Stelle des Rheins zum Absetzen gelangen; sie halten sich bei der starken Strömung und ununterbrochenen Aufwirbelung auffallend lange im unzersetzten Zustande und frei von der bakterienfressenden Mikrofauna.

XVIII. Lahn. Sichttiefe 27.

1. Plankton a) im fließenden Wasser: viel erdiger Detritus, mit Salzsäure keine Entwickelung von Kohlensäure noch von Schwefelwasserstoff, auch reichlich animalischer Detritus, besonders Alonapanzer, gleichfalls vegetabilischer Detritus wie parenchymatisches Gewebe, Spiralgefäße, Cladophora- und Moosfragmente, ferner Textilfasern, besonders von Wolle, wenig Sphaerotilus, nur in dichotomer Form, wenig Chantransia, Fäden meist besetzt mit Leptothrix, Pediastrum boryanum var. brevicorne, Closterium acerosum lebend und abgestorben, Merismopedium convolutum, einzelne Fäden von Oscillatoria anguina. Von Kieselalgen Nitzschia sigmoidea sowie vereinzelt Melosira varians und tenuis, Surirella splendida und biseriata, Cymatopleura solea, Fragilaria crotonensis, Diatoma hiemale, Pleurosigma attenuatum; Synedren und Cymbellen kommen nur abgestorben vor. Arcella vulgaris und Difflugia pyriformis, von Rotatorien ein Exemplar von Anuraea hypelasma mit braunem Ei.

b) Plankton im stehenden Wasser einer Einbuchtung: dieselben Organismen.

2. Flußgrund: Schlamm nicht stinkend, auf dem Siebe bleiben Abfälle verschiedener Art zurück; azoisch.

Das Plankton der Lahn hat eine gewisse Ähnlichkeit mit dem der Nahe; auch im Lahnwasser zeigen sich schwache Verunreinigungen an, aber nur durch wenig Sphaerotilus dichotomus und Closterium acerosum; die Organismen, welche für Flüsse mit Zuströmungen aus Altwässern, Teichen, Seen u. a. stillen Wasserbecken charakteristisch sind, fehlen in der Lahn fast gänzlich; das Plankton enthält hauptsächlich Bodenformen von Algen, wie sie für die aus Bergen kommenden Nebenflüsse des Rheins bekannt sind, sowie Detritus aller Art. Calciumkarbonat als Detritus scheint in der Lahn zu fehlen.

Donnerstag, den 19. Oktober.

XIX. Rheinarm bei Oberwerth.

Sichttiefe nordwestlich in der Mitte des „stillen Armes“ 56, an der Uferseite 45. Ammoniak ist in geringen Spuren nachweisbar.

1. Plankton in wenig Netzzügen sehr reichlich vorhanden: wenig organischer Detritus, etwas mehr mineralischer. Sehr viel Tabellaria fenestrata, meist als forma asterionelloides, jedoch auch in Ketten, auch sehr viel Asterionella gracillima meist achtstrahlig, viel Synedra delicatissima var. mesoleia, nicht selten sind auch Fragilaria crotonensis, Melosira ambigua und tenuis sowie Stephanodiscus hantzschi, mehr einzeln sind Cyclotella comta und meneghiniana, Synedra ulna var. splendens, Melosira varians, Navicula cryptocephala, Nitzschia palea und linearis, Gomphonema angustatum, Surirella splendida und biseriata, Diatoma vulgare und var. lineare, Diatoma elongatum und var. tenue, Cymbella lanceolatum. Sehr häufig im Plankton ist die typische Oscillatoria agardhi, derart, daß sich im konservierten Plankton eine grüne Schicht von

Wasserblüte an der Oberfläche der Probe nach eintägigem Stehen angesammelt hatte. Nicht selten ist auch Ceratium hirundinella und Pandorina morum, Dinobryon cylindricum var. divergens, Peridinium aciculare, Pediastrum boryanum var. genuinum und longicorne, Pediastrum tetras, Colacium vesiculosum, Sphaerocystis schroeteri, Closterium moniliferum, Cryptomonas ovata und Synura uvella. Von Protozoen: Tintinnidium fluviatile, Dileptus tracheloides, Stentor polymorphus, teils grün, Difflugia hydrostatica, Arcella vulgaris, Centropyxis aculeata, Acanthocystis spec. Von Rotatorien: Anuraea cochlearis häufig, Anuraea aculeata einzeln und abgestorben, Polyarthra platyptera nicht selten, Triarthra longiseta, Synchaeta tremula häufig, Synchaeta pectinata und grandis einzeln, Asplanchna priodonta, Euchlanis triquetra, Rotifer macrurus und Monostyla lunaris. Von Crustaceen ist nicht selten Bosmina cornuta, auch Nauplien mit Colacium besetzt, Cyclops einzeln gleichfalls mit Colacium, sonst noch Nais sp. Von Pilzen nur wenig Sphaerotilus natans in Zersetzung begriffen und einzelne Beggiatoafädchen. Einzelne Pflanzenhaare und Wollfasern.

2. Plankton etwas weiter oberhalb: dieselben Organismen, nur etwas mehr vierstrahlige Asterionella; die Frusteln der Asterionella haben eine durchschnittliche Länge von 96—104 μ, eine Breite von 2—3 μ, an den Enden von 4,3—6 μ. Die Frusteln der Tabellaria fenestrata sind 43—54 μ lang und 3 μ breit. Die Frusteln von Fragilaria crotonensis sind meist 145 μ lang und in der Mitte nur 3 μ breit. Diese Maße stimmen ziemlich mit denen der im Rhein unterhalb Mainz treibenden planktonischen Kieselalgen überein.

Der Oberwerther Arm ist vom Rhein durch eine Schleuse abgeschlossen, sodaß hier die Möglichkeit für eine Sedimentierung, namentlich des mineralischen Detritus, gegeben war. Bei niedrigem Wasserstande bleibt die Schleuse dagegen geöffnet, also zumeist während des Sommers; sobald das Wasser aber — nach Aussage der Beamten — „schmieriger wird“ und zu steigen beginnt, wird die Schleuse wieder geschlossen.

3. Flußboden: sehr viel lehmiger Schlamm, nicht stinkend. Nach dem Absieben bleibt auf dem Siebe eine reiche Fauna zurück, namentlich Muscheln, außer einigen Anodonten besonders Unio batavus mit Klumpen von Dreissensia polymorpha besetzt, sowie ferner mit Cristatella mucedo, Statoblasten enthaltend, auch Cyclas rivicola ist nicht selten und kleine Sphaerien; von Schnecken kommen vor Lithoglyphus naticoides ziemlich häufig, Valvata piscinalis und Bythinia tentaculata; weiter wurden noch rote Larven von Chironomus plumosus gefunden und Tubificiden, kein Gammarus und kein Nephelis.

4. Flußboden: etwas weiter oberhalb in der Nähe der Badeanstalt: Die gleiche Fauna mit Ausnahme von Lithoglyphus aber noch Unio pictorum; Dreissensia-Klumpen sind hier zahlreicher; an Steinen findet sich auch Plumatella mit Statoblasten; einige Haarwülste wurden mit heraufbefördert.

5. Plankton in der Nähe der Badeanstalt: Dieselben Organismen wie im weiter unterhalb gefischten Plankton, nur sind hier Surirellen viel mehr vertreten, besonders Surirella biseriata, auch Surirella splendida ist häufig, von anderen Diatomaceen noch Melosira varians, ambigua und granulata var. jonensis forma procera, Synedra delicatissima var. mosoleia und var. angustissima, Nitzschia sigmoidea und vermicularis,

Cymatopleura solea var. apiculata, Encyonema ventricosum forma minuta; viel Oscillatoria agardhi, vereinzelt Ceratium hirundinella, Pandorina morum, Nauplien usw., Ceratien wenig und Dinobryen nur vereinzelt, ebenso Pediastrum boryanum.

6. Flußboden nahe der Schleuse: wenig Fauna, viele teils in Zersetzung begriffene Blätter; hier beträgt die Sichttiefe 70.

Die Entwickelung der freischwebenden Organismen, namentlich der sauerstoffproduzierenden Pflänzchen, ist hier in dem stillen, in unmittelbarer Nähe des Rheins gelegenen Arm eine ganz außerordentlich starke, selbst bei der schon kälteren Jahreszeit, und nicht bloß an Individuenzahl sondern auch an Formenreichtum. Gleichfalls ist die gröbere Fauna des Grundes, im besonderen die der Mollusken, im stillen Rhein äußerst zahlreich vertreten. Solche toten Arme haben für die Selbstreinigung der unteren Rheinstrecke dieselbe hohe Bedeutung wie oberhalb die Altrheine.

XX. Rhein bei Coblenz.

Temperatur des Wassers am Morgen des 19. Oktober 8,2° bei 5,3° Lufttemperatur.

A. Linke Flußseite an der Landungsstelle unterhalb der Schiffbrücke, Sichttiefe 31.

1. Plankton: viel mineralischer Detritus, ebenso sehr viel typische Rheinplanktonten wie Tabellaria fenestrata forma asterionelloides, Asterionella gracillima, häufig vierstrahlig, die einzelnen Frusteln durchschnittlich 98 μ lang und in der Mitte nur 1,8—2,0 μ breit, Synedra delicatissima var. mesoleia und Synedra longissima, Fragilaria crotonensis und capucina, Cyclotella meneghiniana einzeln, wie auch Surirella splendida und biseriata. Sehr häufig ist hier Oscillatoria agardhi, wohl aus der Oberwerther Anreicherung kommend, wie auch die meisten der obigen Formen, ferner Ceratium hirundinella. Sphaerotilus natans ist nicht mehr häufig, aber Zellulosefasern auch hier noch, ferner finden sich vereinzelt gelb gefärbte Muskelfasern als Leitfragmente für Fäkalstoffe, Oscillatoriafäden, namentlich von Osc. tenuis, auch bakterienfressende Protozoen wie Vorticella campanula und schwärmende Vorticellen. Einzeln kommen noch vor: Synura uvella, Pediastrum boryanum usw.

2. Besatz an den Pfählen der Anlegestelle am linken Ufer.

a) in der Spritzzone: Cladophora glomerata mit viel mineralischem Detritus und Diatomaceen wie besonders Diatoma vulgare. Dazwischen auch einige Microcoleusfäden, und Larven von Hydropsyche und von Chironomiden nicht selten.

b) Besatz in $^1/_2$ m Tiefe: in den Cladophorasträhnen sehr viel Melosira varians; Oscillatoria tenuis, Nematoden und Tubificiden.

3. Besatz an den Pontons der Schiffbrücke. Diese Pontons werden vor nahendem Eisgange ausgefahren, sodaß ihr Besatz zum größten Teile geschont wird im Gegensatz zu den Anlegepontons, deren Algenbesatz durch das Eis oft gänzlich abrasiert wird.

a) Linke Seite: Cladophora glomerata mit Larven von Hydropsyche und Chironomiden; Diatomaceen sind sehr zahlreich, besonders Diatoma vulgare und Melosira varians, ferner noch häufig Diatoma vulgare var. lineare, auch Diatoma elongatum, Cocconeis pediculus und placentula, Cymbella cymbiformis und cistula, Navicula gracilis, hungarica, amphisbaena, cryptocephala und viridula, Nitzschia vermicularis, Cyclotella meneghiniana, Microneis minutissima, Gomphonema parvulum und olivaceum (letztere

häufig zwischen den Cladophorafäden), Fragilaria mutabilis, Synedra ulna und delicatissima var. mesoleia, Encyonema ventricosum et var. minuta, Rhoicosphenia curvata und Ceratoneis arcus.

b) an den Pontons der Strommitte: dieselben Diatomaceen, nur in etwas geringerer Anzahl, hier mehr Larven von Hydropsyche.

c) an den Pontons nahe dem rechten Ufer: gleichfalls Diatomeen sehr zahlreich, doch mehr Nematoden, auch Tubificiden sowie Larven von Chironomiden und von Hydropsyche.

XXI. Mosel.

Sichttiefe unterhalb der Brücke: rechts 63, Mitte 61, links (wo die Sielmündung von Lützel-Coblenz) 60. (Sichttiefe am 26. Oktober: rechts 71, Mitte 67.) Reaktion des Moselwassers neutral, Reaktion auf Ammoniak nicht vorhanden.

1. Plankton vor der Mündung: sehr viel Detritus, meist vegetabilischer Natur, doch auch animalischer, besonders Daphnidenpanzer, Fußteile von Insekten usw.; kein Sphaerotilus natans, jedoch dichotomus, Oscillatoria agardhi und einige Phormidiumfäden, vereinzelt Chroomonas nordstedti (Cryptoglena coerulescens), Arcella vulgaris, Lacrimaria olor und einige Vorticellen. Kieselalgen sehr zahlreich: Asterionella gracillima (Frusteln von 56 μ Länge und 1,6 μ Breite in der Mitte), Bacillaria paradoxa nicht selten, Fragilaria capucina, Fragil. construens var. venter, Fragil. mutabilis und einzeln crotonensis, Pleurosigma attenuatum, Coscinodiscus lacustris, Synedra ulna, Cocconeis placentula, Surirella splendida, Surirella ovalis var. minuta und var. angusta, Nitzschia linearis, palea und sigmoidea, Navicula gracilis, cryptocephala und radiosa, Melosira granulata var. jonensis forma procera und Melosira ambigua sowie einzeln Melosira arenaria, Microneis minutissima, Cyclotella meneghiniana und comta, Encyonema ventricosum und var. minuta, Amphora ovata, Stephanodiscus hantzschi und var. pusillus, Cymbella cymbiformis und lanceolatum, Rhoicosphenia curvata, Gomphonema augur und olivaceum, Diatoma vulgare, Ceratoneis arcus, Navicula hungarica var. capitata und einige Ketten von Tabellaria fenestrata. Von grünen Algen noch Pediastrum duplex var. clathratum und Ped. boryanum var. longicorne, Scenedesmus quadricauda und denticulatus, Closterium rostratum, Trachelomonas volvocina und Spirogyrafäden.

2. Plankton oberhalb der Brücke: meist dieselben Organismen, auch kein Sphaerotilus natans, keine Tabellaria (deshalb die in der ersten Probe vereinzelt aufgefundenen wohl mit Schiffen aus dem Rhein eingeschleppt), Synura uvella, Pandorina morum, auch hier ist Bacillaria paradoxa häufig, gleichfalls vierstrahlige Asterionella, Navicula cuspidata, Oscillatoria limosa einzeln usw., gleichfalls sehr viel organischer Detritus wie auch gequollene Stärke, Textilfasern, getüpfelte Holzfasern, Moosfragmente usw., dazwischen Nematoden und Vaucheria in Zersetzung begriffen, Chydorus spec. und Nauplien. Mineralischer Detritus ist in der Mosel wenig vorhanden, mit Salzsäure übergossen trat eine nur ganz schwache Entwickelung von Kohlensäure auf, dagegen eine starke Gelbfärbung, welche die Gegenwart von reichlichen Mengen Eisen anzeigte.

3. Flußboden:

a) Rechte Flußseite: ganz feiner dunkler schieferiger Kies (devonischer Kalk) mit allerlei Abfällen wie Holzspänen, Kartoffel- und Apfelschalen u. a. m. Die gedretschte Masse erweist sich als azoisch, von Pflanzen bleiben einige Triebe von Najas major auf dem Siebe zurück.

b) Strommitte: viel Gammarus pulex und Gammarus fluviatilis, Larven von Hydropsyche, von Perla und von Baetis sowie von Chironomiden. Asellus aquaticus, Dendrocoelum lacteum uud Najas major.

c) Linke Flußseite: auch wieder Najas major, Gammarus mit Echinorhynchus, viele kleine Ephemeridenlarven, außerdem auch Larven von Caenis, von Hydroptila und von Polycentropus, ferner einzeln Spongillen.

4. Flußboden unterhalb der Siele am rechten Ufer (nach mehreren Zügen); sehr viel größere Steine mit schwarzem Belag, welcher, mit Salzsäure übergossen, reichliche Entwickelung von Schwefelwasserstoff aufweist. Zwischen den Steinen finden sich wieder Larven von Hydropsyche, Neritina fluviatilis, Gammarus fluviatilis und der Fischegel Piscicola geometra; einige Steine zeigen einen roten Besatz der Alge Hildenbrandia rivularis.

5. Flußboden weiter unterhalb und der Strommitte zu: sehr viel größere Steine, nur wenige mit schwarzem Besatz von Schwefeleisen; dazwischen Unio batavus, Clepsine bioculata und Najas major.

6. Flußboden etwas weiter unterhalb: wieder Steine, auf einigen viel Schwefeleisen. Aststücke mit Spongillen, lebende Dreissensia und Lithoglyphus naticoides, Schalen von Bythinia, Larven von Agrion und von Chironomus plumosus, auch einzelne der Trichoptere Leptocerus.

7. Flußboden etwas weiter dem linken Ufer zu: a) und b) Schlamm und glatte gerollte Steine teilweise besetzt mit Schwefeleisen (mit Salzsäure entwickelt sich viel Schwefelwasserstoff), auf dem Sieb bleiben zurück: Lithoglyphus naticoides, Valvata piscinalis, Anodonta, Dreissensia, Vivipara fasciata, Schalen von Cyclas, Larven von Chironomus plumosus und Najas.

8. Flußboden nahe der Mündung zu: derselbe Befund, auch noch Steine mit Schwefeleisenbelag.

Der Moselfluß zeigte zur Zeit der Untersuchung eine nur schwache Verunreinigung.

Der reichliche Belag von Schwefeleisen auf sehr vielen der gedretschten Steine zeigt aber die Zersetzung von proteinhaltigen Stoffen, besonders wohl fäkalartiger aus dem in die Mosel ausmündenden Koblenzer Siele (Notauslässe) an. Eine reiche und mannigfaltige Fauna trägt viel bei zur Beseitigung der im Koblenzer Flußgebiete zugeschwemmten Abfallstoffe.

Der Befund der Salzwasser liebenden Kieselalge Bacillaria paradoxa, gleichfalls der Melosira arenaria stimmt als biologischer Nachweis reichlicher Chlormengen in schöner Weise mit den Analysen der Chemiker überein, welche zu den verschiedenen Untersuchungszeiten viel Chlor in der Mosel nachgewiesen haben.

Freitag, den 20. Oktober:

Temperatur des Rheinwassers morgens $8^1/_2$ Uhr 8,1 ° bei 6,5 ° Lufttemperatur.

XXII. Rhein oberhalb Niederwerth.

A. Rechte Flußseite: Sichttiefe 40 (in vier Bestimmungen bei starker Wellenbewegung 38, 39, 43, 40).

a) Plankton mit viel mineralischem Detritus, wie auch an allen Tagen vorher. Zellulosefasern sind immer noch häufig, Sphaerotilus natans gleichfalls, aber nur im mikroskopischen Bilde. Viel Oscillatoria agardhi (in der mit Formalin konservierten Probe hatte diese wasserblütebildende Alge sich als eine dicke grüne Schicht an der Oberfläche angesammelt), Tabellaria fenestrata asterionelloides, Fragilaria crotonensis; Asterionella und Ceratien vereinzelt, ebenso Pediastrum boryanum, Navicula amphisbaena, Oscillatoriafädchen, Difflugia pyriformis, Oligochaetenkokons, Rotifer vulgaris, Cyclops, Spiculae usw.

b) Flußboden: grober Kies, Blätter und einige Haarwülste. Gammarus pulex häufig mit eingekapselten orangefarben durchschimmernden Jugendformen von Echinorhynchus in der Leibeshöhle, Larven von Hydropsyche nicht selten, Nephelis und deren Kokons, Ancylus fluviatilis, Bythinia tentaculata, Naucoris und Dendrocoelum lacteum.

B. Strommitte, Sichttiefe 35.

a) Plankton:

1. Oberflächenfang: wie in A a, hier etwas mehr Sphaerotilus natans, auch Ceratium hirundinella etwas häufiger, ferner noch Synura uvella und Chantransia-Fragmente, auch Synedra delicatissima var. mesoleia und Melosira granulata, Schalen von Synedra ulna, Pleurosigma, Encyonema usw. Von Protozoen kommt hier vereinzelt Coleps hirtus vor, auch gestielte und schwärmende Vorticellen, Difflugia, Dauereier von Rotatorien, Alonapanzer, Spongillennadeln, Cladophorafragmente usw.

2. Tiefenfang (in 2 m Tiefe): hier noch mehr mineralischer Detritus, Textilfasern, zersetzte Cladophora und Moosfragmente, gelb gefärbte Muskelfasern u. a. organischer Detritus; die typischen Rheinplanktonten sind in der Tiefe nicht minder häufig, auch Synura uvella findet sich hier, gleichfalls Dinobryom cylindricum var. divergens; besonders häufig sind mehr in der Tiefe der Strömung lebende Rhizopoden wie Arcella vulgaris, Difflugia acuminata, Cyphoderia margaritacea, auch Acanthocysis turfacea; von Rotatorien: Anuraea cochlearis und schwimmende Dauereier, Rotifer vulgaris und Actinurus neptunius, schließlich Spiculae, abgestorbene Arcellen und Schalen von Surirellen, Nitzschia sigmoidea, Navicula viridis; Vorticellenstiele usw.

b) Flußboden: in den verschiedenen Zügen Sand und Kies, auch Koksstücke, Gammarus pulex, einzelne wieder mit Echinorhynchus, Larven von Hydropsyche mit Trichomonas. In weiteren Dretschezügen auch Blätter und anderer Abfall, jedoch stets nur wenig, dazwischen Gammarus pulex, Bythinia tentaculata und Larven von Orthotrichia.

C. Linke Flußseite, mit Moselwasser vermischt, Sichttiefe 60 (die Mosel zeigte an diesem Tage eine Sichttiefe von durchschnittlich 70).

1. Plankton: a) Oberfläche: mit dem mineralischen Rheindetritus, daneben auch viel vegetabilischer und animalischer Detritus, wie er in der Mosel gefunden wurde; auch gequollene Stärke und häufig durch Gallenfarbstoffe tingierte Muskelfasern; Sphaerotilus nur wenig. Neben den typischen Rheinplanktonten auch nicht selten Bacillaria paradoxa in noch lebhafter Bewegung. Von Rotatorien Polyarthra platyptera mit Ei, Anuraea cochlearis, Metopidia lepadella, von Protozoen Köpfe von Epistylis umbellaria und Euglypha alveolata.

b) Planktonfang in 2 m Tiefe: noch viel mehr organischer Detritus wie im Oberflächenfang, besonders animalischer, Vogelfederfragmente, häufig auch Textilfasern, Fett und viel abgestorbene Bodenformen von Kieselalgen, wie solche beim Pontonbesatz der Koblenzer Schiffbrücke aufgezählt sind. Neben den typischen Planktondiatomaceen ist auch hier nicht selten Bacillaria paradoxa, mehr einzeln Melosira granulata und arenaria, Stephanodiscus hantzschi, Surirella biseriata und mehr Pleurosigma attenuatum lebend und abgestorben; auch die Gattungen Arcella, Difflugia, und Euglypha sind wieder häufig, und viele Spiculae, einzeln noch Synura uvella, Oscillatoria tenuis, Spirogyrafäden verschiedener Art, Closterien, Pediastren usw. Sphaerotilus natans kommt nur vereinzelt vor neben einzelnen Beggiatoafäden.

2. Flußboden: in mehreren Zügen größere und kleinere Steine, an denen Nepheliskokons haften, sowie größere Schlackenstücke, in denen sich besonders Larven von Hydropsyche verkrochen hatten; andere Steine enthalten wieder viele Chironomidenlarven in Röhrchen und Ancylus fluviatilis, noch andere Steine teils rostroten Besatz von Eisenoxyd (wahrscheinlich oxydiertes Schwefeleisen), teils hochroten der Rotalge Hildenbrandia rivularis, wie solche auch schon an der Moselmündung aufgefunden wurde. Weiter wurden mit der Dretsche gehoben von Muscheln Unio pictorum und Unio batavus, Cyclas rivicola, große Neritinen und Eikapseln derselben, kleine Dreissensien, Larven von Hydropsyche und die füllhornartigen von Leptocerus, beide ziemlich häufig, ebenso von Chironomiden in Röhren, Spongillen, und an Steinen noch Planaria gonocephala.

Es ist auf dieser Profilstrecke interessant zu sehen, wie (abgesehen von der Bestimmung der Sichttiefe) auf biologischem Wege die Mischung des Rheinwassers mit dem der Mosel nachgewiesen werden kann. Als Leitform für Moselwasser diente zurzeit die Kieselalge Bacillaria paradoxa (wahrscheinlich ist dies nicht zu allen Jahreszeiten der Fall nach den Erfahrungen des Berichterstatters); dieselbe wurde noch in lebhaft gleitender Bewegung (Verschiebung der Glieder, Bild der Wildentenzüge) bei mikroskopischer Vergrößerung beobachtet; sie fand demnach noch im Rhein in ausreichender Weise ihre Lebensbedingungen. Da die biologische Untersuchung oberhalb Niederwerth beendigt werden mußte, konnte nicht weiter nachgeforscht werden, wie lange dies noch der Fall war bei mehr vollkommener Durchmischung mit dem Rheinwasser. Auch an dem sowohl im Oberflächen- wie im Tiefenfang sehr reichlich vorhandenen organischen Detritus, wie solcher aus dem Koblenzer Stadtteile und aus dessen Siel in die Mosel vor deren Mündung in den Rhein geschwemmt wird, konnte am linken Ufer die Einmündung des Moselwassers nachgewiesen werden, besonders auch durch die gelbgefärbten Muskelfasern als Leitfragmente für Fäkalien.

Die Unterschiede zwischen Oberflächen- und Tiefengängen scheinen sich bei der zur Hochwasserzeit statthabenden Durchmischung des Planktons ziemlich auszugleichen, denn die typischen Planktonformen wurden reichlich auch mehrere Meter tief in der Strömung vorgefunden; dagegen scheinen unter den Protozoen die Wurzelfüßler sich mehr in der Tiefe halten zu können, auch die Rädertiere und Crustaceen.

Die Bildung von Sphaerotilus natans scheint durch die Koblenzer Abwässer nicht gefördert zu sein; die im Rhein von oberhalb zutreibenden Flocken dieses Fadenpilzes waren durch die Strömung allmählich zerrissen und überall später im Rheinwasser verteilt, so daß sie bei Koblenz nur noch auf mikroskopischem Wege zum Nachweis gelangen konnten.

Die Abwässer der Städte, größerer und kleinerer auf der untersuchten Rheinstrecke, machten sich, wenigstens bei der Oktoberuntersuchung, nur in geringem Grade bemerkbar. Wenn dieselben jedoch in kleinere Vorfluter gelangten, wie beispielsweise die von Worms und die von Wiesbaden in den Salzbach, und in solchen Vorflutern zur Fäulnis kamen, so trat an der betreffenden Uferstrecke unterhalb des Vorflutzuflusses sogleich die Bildung von Wasserpilzen an den Uferpflanzen usw. auf, sowie von Schwefeleisen auf den Steinen des Rheingrundes. Die direkt in den Rhein gelassenen Abwässer beispielsweise der neuen Mannheimer Kanalisation machten sich bei Hochwasser kaum bemerkbar.

Ganz anders dagegen die Abwässer solcher Fabriken, deren Effluvien sehr viel organische Substanz enthalten, wie die der Sulfitzellulose- und Strohfabriken und zwar auf äußerst weite Strecken unterhalb ihrer Zuflüsse. Der bei Niederwerth noch im ganzen Rheinwasser verteilte Sphaerotilus rührt in seiner größeren Menge wohl von solchen am Oberrhein und am Main gelegenen Fabriken her, und nicht aus städtischen Abwässern[1]).

Bei Hochwasser scheint der treibende Sphaerotilus keine wesentliche Schädigung des Rheins herbeizuführen; ob dies bei Niederwasser der Fall ist, muß noch untersucht werden. Die Wahrscheinlichkeit hierfür liegt vor, insofern bei geringerer Wasserführung die Pilze voraussichtlich leichter zur Zersetzung gelangen, die Faulbakterien sich vermehren und mit ihnen die bakterienfressende Fauna. Solche Verhältnisse wurden im Oktober bei dem statthabenden Hochwasser nicht vorgefunden; im Gegenteil: die Bildung von Carchesium lachmanni, die unterhalb der Wiesbadener Abwässer in die Erscheinung trat, wurde vom Schiersteiner Profil bis nach Niederwerth nicht mehr wahrgenommen; die hier und da aufgefundenen Vorticellinen usw. kommen für die allgemeine Beurteilung nicht in Betracht. Es ist wahrscheinlich, daß bei

[1]) Es bliebe noch festzustellen, ob die Bildung von Sphaerotilus mehr durch die Abwässer der Rhein-Dürkheimer Pappfabrik oder durch die sehr große Waldhofer Zellulosefabrik veranlaßt wird. Die Pilze unterhalb der letzteren bestanden am 12. Oktober 1905 nicht aus Sphaerotilus, sondern ausschließlich aus Wasserformen von Mucor. Nach Ansicht und nach bis jetzt noch nicht publizierten Untersuchungsresultaten des Berichterstatters bildet sich Mucor (wie auch meist Fusarium) vorzugsweise in saueren, Sphaerotilus dagegen mehr in neutralen und schwach alkalischen Abwässern. Es ist nun aber anzunehmen, daß die aus Waldhof kommenden Kocherlaugen sich bei der starken Verdünnung im Rheinstrome in Sphaerotilus umsetzen und teilweise so scheinbar der Pappfabrik zur Last gelegt werden.

Niederwasser auch die Sedimentierung der Pilze an Stauungen, wie unterhalb der jetzt überschwemmten Buhnen, statthat. Hierin würde die Veranlassung von bis zum Hochwasser sich haltenden Verunreinigungsherden gegeben sein. Diese Verhältnisse wären bei Niederwasser noch zu untersuchen.

Im Gegensatz zur oberen Rheinstrecke hat sich die gröbere Fauna des Grundes unterhalb der Moselmündung sehr vermehrt; sie ist dort stets häufig anzutreffen, wo Abfälle organischer Natur und die aus gelösten organischen Stoffen hervorgegangenen Umsetzungsprodukte, wie die Wasserpilze, zu Boden sinken. Die bei Niederwasser aufgetretene Fauna wird auch noch zur Zeit des Hochwassers auf dem Grunde der Flüsse ihre Lebensbedingungen finden.

Es waren im Rheinbett oberhalb Niederwerth die verschiedenen in Betracht kommenden Tierklassen vertreten, namentlich Larven vieler Insekten und vorzugsweise unter diesen die von Wassermotten und Mückenarten, auch Wasserwanzen kamen vor, von Crustaceen besonders Flohkrebse (im Rhein Gammarus pulex, in der Mosel an den verschmutzten Stellen Gammares fluviatilis). An dieser Stelle, nicht früher, waren am Bachflohkrebs orangenrot durchscheinende Jugendformen von Echinorhynchus zu erkennen, die in die Leibeshöhle dieses Krusters aus Eiern gelangt waren, welche er mit den Exkrementen von Fischen aufgenommen hatte. Auch Wasserasseln sind an verschlammten Stellen häufig; Muscheln und Schnecken der verschiedensten Arten wurden in größeren Mengen erst bei Oberwerth gedretscht, ebenso Egel u. a. Würmerarten, Süßwasserschwämme usw. Es ist wohl anzunehmen, daß im Rhein diese Fauna im Abwasserstrome der weiter unterhalb gelegenen größeren Städte immer häufiger auftreten wird und zur Reinigung des Rheins von Abfällen organischer Natur wesentlich beiträgt.

XXIII. Am Hellinghafen auf der linken Seite der Moselmündung liegendes abgeschlossenes Gewässer, das auch als Laichplatz für Fische dient. Sichttiefe fast $1^1/_2$ m.

1. Plankton: Viel Spirogyren verschiedener Art, Mesocarpus parvulus zerfallend; sehr viel Fragilaria construens var. venter, auch Fragilaria capucina ist häufig, ferner kommt hier auch Bacillaria paradoxa vor und weiter Melosira granulata var. jonensis forma procera und Melosira ambigua, Tabellaria fenestrata asterionelloides und lange Ketten von Diatoma vulgare, Synedra ulna var. longissima, Synedra delicatistima var. mesoleia, Asterionella gracillima in Teilungsstadien, Cymatopleura elliptica, Nitzschia acicularis ist sehr häufig und hat eine Länge von 64—88 μ. Nitzschia linearis var. tenuis und palea, Cocconeis placentula, Navicula gracilis, cryptocephala und vermicularis, Surirella ovalis var. minuta, Rhoicosphenia curvata, Stephanodiscus hantzschi und var. pusillus und Schalen von Pleurosigma attenuatum. Von anderen Algen ist Oscillatoria agardhi reichlich vertreten, ebenso Pandorina morum und zwar in allen Entwickelungsstadien, etwas weniger Synura uvella und Dinobryon cylindricum var. divergens einzeln, auch Merismopedium glaucum. Difflugien und Arcellen; von Rotatorien Synchaeta tremula und pectinata, Diglena catellina, Brachionus urceolaris und Euchlanis triquetra; von Crustaceen: viel Bosmina cornuta, Diaphanosoma brachyurum, Chydorus und Cyclops, sowie Nauplien schließlich noch Eier von Chironomiden.

Hier zeigt sich also im stillen Wasser eine ähnlich große Anreicherung von Organismen aller Art wie im Rheinarm bei Oberwerth und wie auf der Oberrheinstrecke an den Altrheinen, vielleicht eine noch viel größere als bei den letzteren.

Solchen stillen Wässern und Buchten am Rhein soll bei den nächsten Untersuchungen noch eingehendere Beachtung geschenkt werden; beispielsweise kommen solche, nach der Karte zu urteilen, noch bei Bingen vor, auch bei St. Goar u. a. Parallelwerken. Ihre große Wichtigkeit nicht bloß für die Fischerei in volkswirtschaftlicher Beziehung, sondern auch in hygienischer für die Produktion von wasserreinigenden Pflänzchen und für deren Zuschwemmungen in den Rhein ist nicht zu bezweifeln.

Es sei zum Schlusse bemerkt, daß über das Vorkommen der einzelnen Organismen und deren Verhalten zu dem Reinheits- bezw. Verschmutzungsgrade erst nach Beendigung der bei den verschiedenen Wasserständen und Jahreszeiten vorgenommenen Untersuchungen eingehender berichtet werden soll.

Untersuchungen über baktericide Immunität und Phagocytose, nebst Beiträgen zur Frage der Komplementablenkuug.

Von

Prof. **Dr. F. Neufeld** und Stabsarzt **Dr. Hüne**,

früher kommandiert zum Kaiserl. Gesundheitsamte.

I. Die Theorien der baktericiden Immunität.

Unsere heutigen Vorstellungen über das Wesen der baktericiden Immunität finden ihre wichtigste Grundlage in dem von R. Pfeiffer entdeckten Phänomen der specifischen Bakteriolyse der Cholera- und Typhusbazillen. Die außerordentlich große praktische Bedeutung, welche dieses Phänomen für die Differentialdiagnose der genannten Bakterien erlangt hat, und anderseits die Fülle von Anregungen, welche sich daraus für die gesamte Immunitätslehre ergaben, sind wohl die Ursache gewesen, daß eine Zeit lang die Frage in den Hintergrund getreten ist, ob denn die Cholera- und Typhusimmunität in der Tat ausschließlich auf den Pfeiffer'schen Bakteriolysinen beruht, oder ob diese nur einen Teilfaktor, wenn auch für viele Fälle vielleicht den wichtigsten, in einem komplizierteren Vorgange darstellen.

Über diese Frage schienen uns erneute Untersuchungen aus mehreren Gründen wünschenswert zu sein. Einmal ist unserer Ansicht nach über die seiner Zeit von Metschnikoff gegen die Anschauungen Pfeiffer's erhobenen Einwände keine völlige Klarheit erzielt worden, und die neueren Erfahrungen über die Rolle, welche die Phagocytose bei der Immunität gegen Streptokokken und Pneumokokken spielt, geben uns einen deutlichen Hinweis dafür, nach welcher Richtung die früheren Untersuchungen zu ergänzen sind. Sodann sind in letzter Zeit Beobachtungen über die baktericide Wirkung specifischer Sera im Plattenversuch veröffentlicht worden, die sich mit unseren bisherigen Anschauungen über die Bakteriolysine schwer in Einklang bringen lassen. Die auf Anregung Kolles ausgeführten Versuche von Töpfer und Jaffé (1) ergaben nämlich, daß, wenn man den Wirkungsgrad verschiedener Sera im Pfeiffer'schen Versuch und im Plattenversuch (nach der von Stern, Korte und Hahn (2) (3) sowie von Neisser und Wechsberg (4) ausgebildeten Methodik) feststellt, die auf beiden Wegen erhaltenen Werte absolut nicht mit einander parallel gehen, wie es doch der Fall sein müßte, wenn beide Vorgänge auf der gleichen Ursache beruhten.

Eine genügende Erklärung für diese Differenz ist bisher nicht gegeben worden. Der Plattenversuch mag manche Fehlerquellen besitzen, bei sorgfältiger Berücksichtigung derselben liefert er jedoch unserer Erfahrung nach genügend zuverlässige

Werte. Keinesfalls sind etwaige Mängel des Plattenversuches geeignet, die erwähnten Differenzen, und noch weniger, den Umstand zu erklären, weshalb denn gerade in bestimmten Fällen die „Komplettierung“ des Immunserums so schlecht, in anderen dagegen verhältnismäßig gut gelingt. In dieser Hinsicht geht nämlich aus der Arbeit von Töpfer und Jaffé zweifellos eine gewisse Gesetzmässigkeit hervor: im allgemeinen wirken Sera von Typhuskranken, die sich im Beginne oder auf der Höhe der Krankheit befinden, im Plattenversuch verhältnismäßig stark, im Tierversuch gering, während die Sera von Rekonvaleszenten sowie von hoch immunisierten Tieren das umgekehrte Verhalten zeigen. Paratyphussera zeigten, auch wenn sie im Tierversuch hohen Schutzwert ergaben, überhaupt keine deutliche Wirkung im Plattenversuch. Aus unseren eigenen Versuchen hat sich weiterhin ergeben, daß Choleraimmunsera im Plattenversuch durchschnittlich einen stärkeren Ausschlag als Typhussera, geben; ferner lassen sie keine so starken Unregelmäßigkeiten wie diese, erkennen.

Diese Gesetzmäßigkeiten machen es bereits sehr unwahrscheinlich, daß gewisse Sera, die im Tierversuch einen hohen Titer ergeben, im Plattenversuch nur deswegen verhältnismäßig unwirksam sein sollten, weil es nicht gelungen ist, ein passendes Komplement hinzuzufügen.

Man könnte nun an die Annahme denken, daß die spezifischen Stoffe, die beim Plattenversuch in Wirkung treten, von denjenigen, auf denen das Pfeiffersche Phänomen beruht, verschieden seien. Zu dieser Annahme würde man sich natürlich nicht ohne zwingenden Grund verstehen, denn dieselbe würde eine grundsätzliche Änderung unserer jetzigen Anschauungen auf diesem Gebiete bedeuten. Auch würden die Reagensglasuntersuchungen über specifische Amboreptoren und Komplemente von dem Interesse, das ihnen jetzt allseitig entgegengebracht wird, viel einbüßen, wenn wir daran zweifeln müßten, ob dieselben Stoffe überhaupt im Tierkörper in Aktion treten.

Töpfer und Jaffé gehen auf die erwähnten Schwierigkeiten insbesondere mit Rücksicht auf die Ergebnisse, die sie bei Untersuchung von Paratyphussera erhielten, näher ein. Sie fanden nämlich, daß diese Sera, welche im Tierversuch an Meerschweinchen verhältnismäßig hohe Titer ergaben, im Plattenversuch überhaupt nicht baktericid wirkten, obgleich als Komplement Normalserum von verschiedenen Tierarten, darunter auch von Meerschweinchen, genommen wurde. Die Autoren bemerken hierzu: „Endlich ist die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß die beiden, im Tierkörper einerseits, im Reagensglas anderseits sich abspielenden Prozesse, wo doch Serum, Kultur, Temperatur usw. völlig gleich sind, nicht mit einander identisch sind. Wenn auch beide Phänomene, wie sich bei Benutzung von Typhusserum und Typhusbakterien zeigt, mit einander im allgemeinen übereinstimmen können, so beweist das doch nicht die Identität beider Prozesse. Es darf aus diesen Untersuchungen auch nicht etwa der Schluß gezogen werden, daß es verschiedenartige Körper sind, welche die Bakteriolyse in vitro einerseits und im Tierkörper anderseits bedingen.“

Wir werden nach Mitteilung unserer eigenen Versuchsergebnisse auf die Frage noch zurückkommen, inwieweit die bakteriolytischen Prozesse im Tierkörper und im Reagensglase auseinandergehen. Um jedoch über die Wirkungen eines Immunserums ein vollständiges Bild zu erhalten, genügt es nicht, nur die baktericide Wirkung desselben in Betracht zu ziehen. Bei unseren Untersuchungen hat sich nämlich ergeben, daß Immunsera der erwähnten Art, die im Reagensglase gar nicht oder nur relativ schwach baktericid wirken, dafür eine andere specifische Eigenschaft besitzen, nämlich die, sowohl im Reagensglase wie im Tierkörper eine sehr starke Phagocytose hervorzurufen, die auf dem Gehalt des Serums an bakteriotroper Substanz beruht. Umgekehrt fanden wir bei Untersuchung einiger Sera von Typhuskranken, welche im Plattenversuch verhältnismäßig stark abtötend wirkten, im Tierversuch aber geringe Schutzkraft hatten, daß diese Sera entweder gar keine bakteriotropen Stoffe oder nur minimale Mengen davon enthielten.

Hiernach scheint uns die Möglichkeit gegeben, durch Vervollständigung der Experimente in vitro eine bessere Übereinstimmung mit den Ergebnissen des Tierversuchs zu erhalten; vielleicht gelingt es, auf diese Weise wenigstens einen großen Teil der erwähnten Widersprüche zu lösen.

Für die Bedeutung der Phagocytose bei der Immunität gegen Cholera und Typhus ist bekanntlich Metschnikoff in zahlreichen Arbeiten eingetreten. Gleichzeitig hat dieser Forscher jedoch die Anschauungen Pfeiffers von Anfang an heftig bekämpft und auch in der Folgezeit im wesentlichen seinen ablehnenden Standpunkt beibehalten. Zwar leugnet Metschnikoff nicht das Vorkommen des Pfeifferschen Phänomens der Bakteriolyse im Meerschweinschenperitoneum; er führt dasselbe jedoch ausschließlich darauf zurück, daß unter den üblichen Versuchsbedingungen nach der Injektion der Bakterien eine Anzahl von Leukocyten durch „Phagolyse“ zu Grunde gehen und dabei das Komplement frei werden lassen, welches nunmehr zusammen mit dem injicierten Immunserum die Auflösung der Bazillen in der freien Bauchhöhle hervorruft. Dieses Phänomen der extracellulären Auflösung soll nach Metschnikoff nur einen durch die Besonderheit der Versuchsanordnung bedingten Ausnahmefall darstellen und durchaus an einen vorhergehenden Zerfall von Leukocyten gebunden sein; in der Regel soll dagegen die Zerstörung der Bazillen im immunen Tier innerhalb von Leukocyten erfolgen. Wird die Phagolyse dadurch ausgeschaltet, daß man einem Meerschweinchen am Tage vor dem Versuch Bouillon in die Bauchhöhle spritzt und so eine Ansammlung von widerstandsfähigen Leukocyten bewirkt, so soll sogar den Angaben Metschnikoffs zufolge nach Injektion von Cholerakultur plus Immunserum überhaupt keine extracelluläre Auflösung der Bakterien eintreten.

In gleicher Weise erklärt Metschnikoff die Abtötung der Bakterien, die man im Reagensglase durch kleinste Mengen von Immunserum nach Zusatz eines frischen Normalserums beobachtet; er nimmt an, daß das Komplement des Serums, das hier in Tätigkeit tritt, nicht bereits im zirkulierenden Blute vorhanden war, sondern erst während der Gerinnung aus den dabei stets in gewisser Anzahl zu Grunde gehenden Leukocyten frei geworden ist.

Wie erklärt nun aber Metschnikoff den Akt der Aufnahme der Bakterien durch die Zellen? Es ist ohne weiteres klar, daß dies ein entscheidender Punkt für die ganze Theorie dieses Gelehrten ist; denn, da das Komplement sich normaler Weise ausschließlich in den Leukocyten befinden soll, der dazu passende Amboceptor jedoch außerhalb der Zellen und zwar jedenfalls zum größten Teil an den Bakterien fixiert, so kann ein Zusammenwirken beider Substanzen überhaupt erst in Frage kommen, nachdem die Phagocytose eingetreten ist. Das Immunserum muß also, neben der Fähigkeit, das Bakterium für die verdauende Wirkung des Komplements zugänglich zu machen, noch die weitere Eigenschaft besitzen, die Aufnahme der Bazillen durch die Leukocyten anzuregen.

Nun finden sich in den Arbeiten Metschnikoffs und seiner Schüler zwei Theorien über diesen Punkt neben einander vertreten. Nach der einen soll das Serum einen direkten „stimulierenden" Einfluß auf die Leukocyten ausüben; diese Theorie dürfte jetzt wohl nicht mehr haltbar sein. Nach der zweiten Theorie sollen die Bakterien dadurch, daß sich der Amboceptor des Immunserums auf ihnen fixiert, der Phagocytose anheimfallen. Offenbar handelt es sich bei dieser phagocytosebefördernden Wirkung des Amboceptors um eine ganz neue Eigenschaft desselben, denn sonst könnte der Amboceptor doch höchstens bei der intracellulären Verdauung der Bazillen mitwirken, nachdem diese ohne sein Zutun aufgenommen sind.

Die Auffassung Metschnikoffs, wonach derselbe Amboceptor und dasselbe Komplement die extracelluläre Auflösung der Bazillen sowohl wie ihre Vernichtung innerhalb der Leukocyten bewirken sollen, stellt im Grunde wohl einen Versuch dar, die neuen Beobachtungen Pfeiffers in eine fertige Theorie einzufügen, die auf Grund äußerst zahlreicher, zunächst aber auf ganz anderen Gebieten gemachter Erfahrungen aufgestellt worden war. Ein solcher Erklärungsversuch wird einerseits der Bedeutung der Befunde Pfeiffers in keiner Weise gerecht, andererseits hat das konsequente Festhalten der Metschnikoffschen Schule an diesem Standpunkte zur Folge gehabt, daß es nicht gelang, die Fülle der Einzelbeobachtungen, die über die phagocytären Vorgänge bei der Immunität vorlagen, zu einer einheitlichen Auffassung zu verbinden, die sich in die sonstigen modernen Anschauungen über die erworbene Immunität befriedigend einfügt.

Daß in der Tat sowohl bei der Cholera- als bei der Typhusinfektion unter dem Einfluß des Immunserums eine außerordentliche Steigerung der Phagocytose eintritt, halten wir für sicher erwiesen. Wir haben uns in zahlreichen Versuchen überzeugt, daß, wenn man Cholera- oder Typhusbazillen zusammen mit Immunserum in die Bauchhöhle von Meerschweinchen injiciert, in der Regel ein großer Teil der Bazillen nicht in der freien Bauchhöhle aufgelöst, sondern von Leukocyten aufgenommen und zerstört wird. Um diese Vorgänge zu verfolgen, darf man sich nicht auf die Beobachtung von Exsudatproben im hängenden Tropfen beschränken, da diese Methode die phagocytären Vorgänge aus mehreren Gründen nur zum geringsten Teil erkennen läßt. Zunächst kann man sich durch einen Vergleich mit gefärbten Ausstrichen leicht davon überzeugen, daß die im Innern von Leukocyten befindlichen Bakterien und Granula im hängenden Tropfen sehr schlecht sichtbar sind. Ferner haben diejenigen

Leukocyten, die reichlich Bazillen aufgenommen haben, im Tierkörper ebenso wie im Reagensglase die Neigung, zu größeren Haufen zu verkleben, die sich dann vielfach an den Peritonealwandungen, insbesondere am Netz festsetzen; die Untersuchung dieser Haufen ist daher zur Beurteilung der phagocytären Vorgänge von wesentlicher Bedeutung. Dieselben bekommt man im hängenden Tropfen gewöhnlich überhaupt nicht zu Gesicht, und falls man sie sieht, ist es nicht möglich, den Inhalt der Zellen zu erkennen.

Man muß daher gefärbte Präparate von dem Exsudat und, wie Metschnikoff mit Recht betont, von Abstrichen der Netzoberfläche der in verschiedenen Zeitabständen getöteten Tiere anfertigen. Ein näheres Eingehen auf diese Versuchsergebnisse dürfen wir uns im Hinblick auf die ausführlichen Angaben Metschnikoffs erlassen.

Das Verhältnis zwischen den durch Auflösung in der freien Bauchhöhle und den innerhalb der Leukocyten zugrunde gehenden Bakterien ist recht wechselnd und läßt sich natürlich schwer abschätzen; wir glauben jedoch, daß es kaum einen Fall gibt, in dem man nicht beide Vorgänge nebeneinander beobachten kann.

Dies trifft auch für Meerschweinchen zu, denen Cholerabakterien mit spezifischem Serum gemischt erst injiziert werden, nachdem man durch vorhergehende Einspritzung von Bouillon ein leukocytenreiches Exsudat hervorgerufen hat. Wir konnten die oben erwähnte Behauptung Metschnikoffs, daß man durch eine solche Vorbehandlung das Pfeiffersche Phänomen völlig unterdrücken könne, nicht bestätigen, sondern auch bei derartig präparierten Tieren in jedem Falle (neben reichlicher Phagocytose) eine deutliche Granulabildung in der Exsudatflüssigkeit feststellen. Zu demselben Ergebnis sind auch Pfeiffer, Abel (33) und Ascher (34) gekommen.

Nun ist es ohne weiteres klar, daß, gleichviel ob wir die Bedeutung der Phagocytose im Einzelfall höher oder geringer anschlagen, dieselbe in keiner Weise die erwähnten Differenzen zwischen dem Ausfall der Tierversuche und der Plattenversuche zu erklären vermag, so lange wir mit Metschnikoff annehmen, daß die intrazelluläre Vernichtung der Bakterien auf demselben Amboceptor und demselben Komplement, wie die extrazelluläre Auflösung beruht. Indem wir nun die Vorgänge der Phagocytose von einem andern Gesichtspunkte aus und mit einer andern Methodik untersuchten, sind wir zu einem Standpunkt geführt worden, der sowohl von demjenigen Pfeiffers als von dem Metschnikoffs wesentlich abweicht.

Wir nehmen an, daß im Serum der gegen Cholera und gegen Typhus immunisierten Tiere zwei von einander verschiedene Stoffe entstehen: der Amboceptor (Immunkörper Pfeiffers), der im Verein mit dem Komplement die Bazillen auflöst, und das Bakteriotropin, welches die Aufnahme der Bazillen in den Phagocyten bewirkt.

2. Neuere Untersuchungen über Phagocytose.

Die von Pfeiffer und seinen Mitarbeitern über das Wesen der Cholera- und Typhusimmunität begründeten Anschauungen haben begreiflicher Weise die Unter-

suchungen über die Immunität gegen andere Krankheitserreger stark beeinflußt und dabei unserer Ansicht nach zu mancher voreiligen Verallgemeinerung geführt. In ähnlicher Weise hat man bekanntlich seiner Zeit unter dem Einfluß der Entdeckung der Antitoxine durch Behring bei einer Reihe von Immunitätserscheinungen zunächst ebenfalls das Vorhandensein antitoxischer Wirkungen angenommen, wo solche, wie wir jetzt wissen, entweder garnicht nachweisbar sind oder wenigstens neben bakteriziden Vorgängen ganz in den Hintergrund treten. Manche Autoren schienen sogar geneigt zu sein, spezifische Bakteriolysine als den ausschlaggebenden Faktor der Immunität gewissermaßen als selbstverständlich überall anzunehmen, wo man nachweisen konnte, daß es sich nicht um eine antitoxische Immunität handelte. Hierbei wurde nicht etwa nur ganz allgemein angenommen, daß die betreffenden Immunsera auf irgend eine Art bakterientötend wirkten, sondern auch, daß die Abtötung der Bakterien in analoger Weise, wie die Auflösung von Cholera- und Typhusbazillen, nämlich durch Zusammenwirken eines spezifischen Amboceptors mit einem freien Komplement zustande käme. Insbesondere glaubte man die Unregelmäßigkeiten, die bei der Wirkung mancher Immunsera auftreten, durch den Mangel geeigneter Komplemente im Körper der Versuchstiere erklären zu müssen, ohne zuvor den Nachweis zu erbringen, daß die betreffenden Sera überhaupt im Tierkörper oder im Reagensglase imstande sind, bei Gegenwart von freiem Komplement Bakterien abzutöten. Diese Auffassung ist u. a. in bezug auf die Immunität gegen Rotlauf, Streptokokken, Pneumokokken und Pestbazillen so vielfach vertreten worden, daß es sich erübrigt, einzelne Zitate hierfür beizubringen; von allgemeinen Darstellungen sei hier der Artikel Friedbergers über die bakterizide Immunität in dem Kolle-Wassermannschen Handbuch besonders erwähnt.

Es ist nun zunächst für das Strepto- und Pneumokokkenserum nachgewiesen worden, daß es sich hier nicht um eine bakteriolytische, sondern um eine bakteriotrope Immunität handelt, und dieser Nachweis ist wesentlich gefördert worden durch die Anwendung der Denysschen Methode der Beobachtung der Phagocytose im Reagensglase.

Wir haben mit derselben Methodik die Eigenschaften des Cholera- und Typhusserums, sowie verschiedene Sera der Paratyphusgruppe analysiert und das Vorhandensein bakteriotroper Stoffe in denselben mit Sicherheit nachweisen können. Ein Teil der dabei erhaltenen Resultate ist bereits kurz mitgeteilt (5) und dabei sind auch die Gründe erörtert worden, die es uns als im höchsten Grade wahrscheinlich erscheinen ließen, daß die Bakteriotropine des Serums Stoffe eigener Art und mit den bisher fast ausschließlich studierten Amboceptoren nicht identisch sind. Wir sind jetzt in der Lage, weitere Beweise hierfür beizubringen; zunächst wollen wir jedoch auf die auf diesem Gebiet bereits vorliegenden Arbeiten eingehen, soweit dies nicht schon in der vorläufigen Mitteilung geschehen ist. Bezüglich der grundlegenden Arbeiten von Denys und seinen Schülern Leclef, Marchand und Mennes (6 bis 10) sowie der davon ausgegangenen Untersuchungen von Neufeld, Rimpau und Töpfer (11 bis 13) sei auf die erste Mitteilung verwiesen.

Versuche über die Aufnahme von Cholerabazillen durch Phagocyten im Reagensglase sind bereits von Levaditi (14) mitgeteilt worden. Dieser Autor arbeitete nicht mit isolierten Leukocyten, sondern mit leukocytenreichem Exsudat von Meerschweinchen

und stellte unter diesen Bedingungen eine Phagocytose befördernde Wirkung des inaktivierten Immunserums fest.

Unter Benutzung der neueren Technik des Reagensglasversuchs stellten Lambotte und Stiennon (15) mit gewaschenen, in Kochsalzlösung oder inaktivem Serum aufgeschwemmten Leukocyten Versuche über die Phagocytose von Cholerabazillen an. Sie fanden, daß die (bei ihrer Kultur) schon in den Kochsalzkontrollen starke Phagocytose deutlich verstärkt wurde, wenn die Bazillen vorher durch inaktives Immunserum sensibiliert waren, daß aber die aufgenommenen Bacillen sich nur dann in Granula verwandelten, wenn frisches Normalserum zugesetzt wurde. Wir kommen auf diesen letzten Punkt unten zurück.

Die Arbeiten Wrights gaben über eine neue Wirkung des Normalserums Aufschluß. Dieser Autor hat das Verdienst, durch zahlreiche Publikationen auf die Bedeutung der Phagocytose für eine Reihe von Infektionskrankheiten und vor allem auf die Rolle, welche dabei das Serum spielt, hingewiesen zu haben. Seine Untersuchungen bezogen sich zunächst auf das Serum von Menschen und zwar mit wenigen Ausnahmen auf das von normalen Menschen und auf menschliche Leukocyten; sie wurden nach Leishmanns (16) Vorgang in der Weise angestellt, daß nicht isolierte, aus Exsudaten stammende Leukocyten, sondern das Sediment des menschlichen Blutes, das in manchen Fällen durch Zitratzusatz flüssig erhalten wurde, mit Serum und Bakterien in einer Kapillare gemischt, und hieraus, nachdem diese Mischung kurze Zeit, meistens $^1/_4$ Stunde bei 37 ^{0} gestanden hatte, gefärbte Präparate angefertigt wurden.

Die Untersuchungen von Wright und Douglas (17 bis 20) ergaben, daß unter diesen Versuchsbedingungen eine Anzahl von Bakterien, vor allem Staphylokokken, ferner Bacterium coli, Pest- und Ruhrbazillen sowie einige andere Bakterienarten lebhaft von den Phagocyten aufgenommen wurden, sobald frisches Serum zugefügt war, daß dagegen bei Zusatz des gleichen, kurze Zeit auf 55 ^{0} bis 59 ^{0} erhitzten Serums die Phagocytose weit schwächer war. Auch bei längerer Aufbewahrung verlor das Serum alsbald seine Wirkung. Hieraus schlossen Wright und Douglas, daß die Phagocytose durch einen thermolabilen Bestandteil des Serums, den sie als „Opsonin“ bezeichneten, hervorgerufen wird. Um festzustellen, welcher Art die Wirkung des Serums ist, stellten die Autoren folgenden Versuch mit Staphylokokken an. Sie brachten zunächst die Bakterien mit frischem Serum zusammen, ließen das Gemisch $^1/_4$ Stunde bei 37 ^{0} stehen, erhitzten alsdann 10 Minuten auf 60 ^{0} und fügten nun Leukocyten hinzu. Bei dieser Versuchsanordnung trat lebhafte Phagocytose auf, und die Autoren ziehen hieraus den Schluß, daß das Serum auf die Bakterien, nicht aber auf die Leukocyten verändernd eingewirkt habe, denn mit diesen sei es erst in Berührung gekommen, nachdem es durch Erhitzen unwirksam geworden war.

Durch diesen Versuch glaubt Wright (21) nicht nur eine Wirkung des frischen, komplementhaltigen Serums auf die Kokken festgestellt, sondern auch die bekannte Theorie Metschnikoffs widerlegt zu haben, wonach die Wirkung einer Anzahl von Immunsera auf einer „Stimulierung“ der Leukocyten beruhen soll. Dies ist schon deswegen unlogisch, weil die Versuchsanordnung Wrights auf der Annahme basiert, daß die fraglichen Substanzen thermolabil sind; sein Resultat kann daher natürlich

auch nur für solche thermolabilen Stoffe gelten, während die spezifische Wirkung der in Frage stehenden Immunsera bekanntlich durch kurzes Erhitzen auf 60° nicht verändert wird. Übrigens haben Hectoen und Rüdiger (22), welche das experimentum crucis von Wright und Douglas wiederholt haben, bei Benutzung eines Streptokokkenstammes ein umgekehrtes Ergebnis erhalten. Sie fanden, daß ein bestimmter Streptokokkenstamm nur in Gegenwart von frischen, aber nicht von erhitzten (54 bis 56 °) Normalserum von Leukocyten aufgenommen wurde. Ließen sie die Kokken nun zuerst durch frisches Serum „sensibilisieren", und erhitzten sie alsdann auf 60 °, so trat entgegen Wrights Befund keine Phagocytose mehr auf.

Nun untersuchte Wright weiterhin das Serum einiger, mit einem Staphylokokken-Vaccin behandelter Personen und fand, daß dasselbe in höherem Grade phagocytosebefördernd wirkte, als das vor der Injektion entnommene Serum. Der Unterschied war bisweilen allerdings nur gering.

Auch die Sera dieser vorbehandelten Personen verloren ihre Wirksamkeit, sobald sie inaktiviert wurden: hieraus schloß Wright, daß auch der in Immunseris enthaltene phagocytosebefördernde Stoff thermolabil sei. Hierbei ist dem Autor entgangen, daß bereits lange vorher das Gegenteil nachgewiesen worden ist. Denys und seine Schüler Leclef, Marchand und Mennes (6 bis 10) haben für das Streptokokken- und Pneumokokken-, Levaditi (14) für das Choleraimmunserum, Savtchenko (23) und Tarassewitsch (24) für das gegen Erythrocyten gerichtete Serum in einwandfreier Weise festgestellt, daß das spezifische Serum im Reagensglase eine starke Phagocytose hervorruft, und daß die dabei wirksamen Stoffe des Serums stabiler Natur sind.

Auch wir haben in sehr zahlreichen Versuchen stets eine vollkommene Thermostabilität der spezifischen phagocytosebefördernden Substanz gegenüber den üblichen Inaktivierungstemperaturen gefunden, häufig haben wir sogar $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden lang auf 62 bis 63 ° erhitzt, ohne eine Abnahme der Wirkung zu erhalten. Ferner blieb die Wirkung unserer Sera monatelang erhalten. Dies war ja von vornherein zu erwarten, da wir aus Tierversuchen wissen, daß diejenigen Immunsera, deren Wirkung auf Phagocytose zurückgeführt wird, durch Inaktivierung oder Konservierung nicht unwirksam werden. Ob Wrights Sera im Tierversuch überhaupt eine spezifische Wirksamkeit besaßen, ist übrigens gar nicht untersucht worden. Ferner wurden in seinen Versuchen keine Verdünnungen des Serums angewandt, durch welche das in dem frischen Serum enthaltene Komplement und die Amboceptoren des normalen Serums unwirksam geworden wären.

Jedenfalls ist von Wright kein Versuch mitgeteilt worden, in welchem die Wirkung des Komplements (etwa durch Komplementablenkung) ausgeschaltet, und nachgewiesen worden wäre, daß die von ihm beobachtete Serumwirkung in der Tat auf einem neuen, thermolabilen Stoffe beruht. Daher liegt es nahe anzunehmen, daß in Wrights Versuchen die Bakterien sich mit Amboceptor und Komplement beladen und hierdurch zwar keine völlige Abtötung, aber doch eine so weitgehende Schädigung erfahren haben, daß sie nunmehr sekundär von Leukocyten aufgenommen werden. Daß diese Wirkung im Immunserum infolge des vermehrten Amboceptorengehalts stärker als im Normalserum sein muß, ist ohne weiteres klar, ebenso daß sie in

stärkeren Serumverdünnungen, in denen erfahrungsgemäß das Komplement und die Amboceptoren des Normalserums unwirksam werden, verschwindet, während die eigentlich spezifische Serumwirkung gerade dann deutlich zu Tage tritt.

Diese Auffassung wird durch das Experiment bestätigt. Wir fanden, daß z. B. auf Typhusbazillen das konzentrierte oder schwach verdünnte Serum in frischem Zustande eine ganz andere Wirkung ausübt als nach dem Erhitzen; dies läßt sich sehr gut an normalem Meerschweinchenserum beobachten, welches, wie bereits von Gruber und Futaki (25) mitgeteilt wurde, eine sehr starke Phagocytose hervorruft, während eine solche bei inaktiviertem Serum ausbleibt. Wir haben diese Beobachtung völlig bestätigen können, doch nimmt diese Phagocytose schnell ab, sobald man das Serum verdünnt; sie ist oft schon in der Verdünnung 1 : 10 recht schwach und verschwindet bei stärkerer Verdünnung völlig. Auch bei schwachen Immunsera kann man Unterschiede zwischen aktivem und inaktivem Serum beobachten, solange man reines oder wenig verdünntes Serum verwendet. Wir halten es für wahrscheinlich, daß diese Erscheinung auf das „Alexin“ des frischen Serums zurückzuführen ist. Wir verfügen über Beobachtungen an Blutkörperchen, welche beweisen, daß kleine Mengen von Amboceptor plus Komplement, die keine Hämolyse mehr hervorrufen, noch imstande sind, eine Phagocytose der Blutkörperchen zu bewirken; die Phagocytose bleibt aus, wenn man dieselbe geringe Dosis Immunserum ohne Komplement nimmt.

Verdünnt man nun aber in dem oben angeführten Beispiel das Typhusimmunserum etwas stärker, etwa 1 : 50 und darüber hinaus, so ruft, wie aus unseren Protokollen hervorgehen wird, jedes einigermaßen starke Serum noch eine zweifellose Phagocytose hervor: hierbei ist es aber völlig gleichgültig, ob das Serum auf 60 bis 62 ^{0} erhitzt worden ist oder nicht.

Wenn schon diese Beobachtungen den Schluß nahe legen, daß die von Wright und Douglas beschriebene Wirkung des normalen Serums, welche beim Erhitzen oder längerem Stehenlassen verloren geht, nicht auf einem neuen thermolabilen Körper, sondern auf dem Zusammenwirken von normalen Amboceptoren und Komplement beruht, daß es sich also um eine Alexinwirkung in dem ursprünglichen Sinne von Buchner handelt, so wird diese Vermutung durch die unten mitgeteilten Versuche über Absorption und Ablenkung des Komplements bestärkt. Es gelang uns zu zeigen, daß die Wrightschen „Opsonine“ durch Zusatz von Hefe sowie durch ein mit spezifischem Antiserum erzeugtes Serumpräcipitat unwirksam gemacht werden, also durch dieselben Einflüsse, welche Komplement binden. Unsere bakteriotropen Stoffe dagegen, welche eines Komplements nicht bedürfen, blieben, wie zu erwarten war, bei derselben Behandlung des Serums erhalten.

Seinen eigenen, unzweideutigen Angaben zufolge hat Wright die hitzebeständigen Stoffe, mit denen wir uns hier beschäftigen, und die natürlich für die passive Immunisierung allein in Frage kommen, überhaupt nicht beobachtet. Daher ist es unrichtig, wenn ihm verschiedene englische Autoren die Entdeckung dieser Stoffe (die in der Tat 1895 von Denys entdeckt wurden) zuschreiben. Ebensowenig ist es ge-

rechtfertigt, die von Wright gebrauchte Bezeichnung „Opsonin", entgegen den ausdrücklichen Angaben des Autors selbst, für die thermostabilen spezifischen Serumstoffe anzuwenden. Die beiden Arten der Serumwirkung lassen sich im Experiment auf die einfachste Weise trennen und sollten daher stets auseinander gehalten werden.

Wenn wir es daher für nicht erwiesen halten, daß die von Wright und Douglas, Gruber und Futaki u. A. eingehend studierten Vorgänge auf neuartigen Stoffen beruhen, so brauchen wir deshalb die Bedeutung dieser Vorgänge und das Verdienst der Autoren, die uns darauf aufmerksam gemacht haben, nicht geringer anzuschlagen. Vielleicht dürfen wir in dieser Wirkung des Serums ein wichtiges Schutzmittel des Körpers bei einer Reihe von Infektionen sehen und uns vorstellen, daß von den injizierten Keimen eine Anzahl im Serum direkt aufgelöst wird, während andere mit so geringen Mengen von Amboceptor und Komplement besetzt werden, daß keine Abtötung des Bakteriums, wohl aber Phagocytose erfolgt. Wie von Pfeiffer (41) ausgeführt worden ist, kann man daran denken, daß zunächst gewisse Stoffe des Bakterienleibes in Lösung gehen und einen Reiz auf die Leukocyten ausüben. Eine solche Annahme scheint uns um so einleuchtender, als die Abtötung der Bakterien an sich (z. B. durch Erhitzen) keine Phagocytose hervorzurufen braucht.

Die Arbeiten von Wright und Douglas wurden von Bulloch und Atkin (26) und von Hectoen und Rüdiger (22) im wesentlichen bestätigt und ergänzt.

Auch diese Autoren fanden, daß die wirksamen Stoffe des Serums sehr labiler Natur sind und durch Erhitzen auf die zur Inaktivierung üblichen Temperaturen sowie durch längeres Stehenlassen zerstört werden. Ebenso wie Wright und Douglas halten sie diese „Opsonine" für einheitliche, labile Körper, welche mit keinem der bisher bekannten Antistoffe identisch sind. Hectoen und Rüdiger schreiben ihnen eine ähnliche Konstitution, wie sie für die Agglutinine angenommen wird, nämlich eine haptophore und eine „opsonophore" Gruppe zu. Beim Erhitzen auf ca. 55° soll nur die letztere Gruppe zerstört werden und dadurch ein „Opsonoid" entstehen, welches an sich unwirksam ist, aber eine „Verstopfung" der Bakterien für das Opsonin bewirken kann. Diese Veränderung soll auch an dem bereits auf den Bakterien fixierten Opsonin vor sich gehen; daher konnten die Autoren, wie schon oben erwähnt wurde, das auf der entgegengesetzten Annahme beruhende Experiment von Wright und Douglas, dem diese Autoren eine besondere Wichtigkeit für die Auffassung der „Opsonine" beilegen, nicht bestätigen.

Zu etwas anderen Ergebnissen gelangte Dean (27). Er untersuchte die Wirkung verschiedener normaler Sera auf Staphylokokken und fand, daß Menschen- und Pferdeserum bei genauer Befolgung der Methode von Wright und Douglas in der Regel nur in frischem Zustande phagocytosebefördernd zu wirken scheint, daß dagegen auch das erhitzte oder lange Zeit konservierte Serum einen solchen Einfluß hat, falls man es längere Zeit einwirken läßt. Nach Deans Ansicht wird daher nur ein Teil des Opsonins durch Hitze zerstört. Die Ergebnisse seiner Versuche sind recht ungleichmäßig; der Verfasser schließt aus ihnen, daß die phagocytosebefördernde Wirkung des normalen und des specifischen Serums auf der gleichen Substanz beruhe, daß diese im Gegensatz zu Wrights Annahme thermostabil und lange Zeit haltbar,

und daß sie zweifellos mit dem „Fixator“ oder „Sensibilisator“ der französischen Autoren identisch sei. Den Beweis für die Identität der normalen und der immunisatorisch erzeugten Stoffe sucht Dean einmal darin, daß die mit normalem „Opsonin“ abgesättigten Staphylokokken im Gegensatz zu unbehandelten Kokken dem Immunserum kein „Opsonin“ mehr entziehen; ebenso verhalten sich umgekehrt die mit Immunserum abgesättigten Kokken dem Normalserum gegenüber. Ferner glaubt er, daß die normalen und die specifischen Sera sich beim Erhitzen gleich verhalten. Nach einer Kurve, die Dean als besonders deutliches Beispiel hierfür gibt, scheint uns allerdings der entgegengesetzte Schluß näher zu liegen. Dean vergleicht hier die Wirkung eines normalen und eines Immunserums auf Staphylokokken zahlenmäßig und findet in frischem Zustand das Immunserum etwa $2^1/_2$ mal stärker wirksam als das normale; nach Erhitzen auf 60^0 ist die Wirksamkeit des letzteren so gut wie völlig verschwunden, die des ersteren nur um etwas mehr als die Hälfte herunter gegangen. Dies spricht wohl eher dafür, in dem Immunserum neben den labilen Stoffen des Normalserums noch einen hitzebeständigen anzunehmen.

Von den jüngst erschienenen Arbeiten über Phagocytose im Reagensglas sei vor allem auf die schon erwähnte vorläufige Mitteilung von Gruber und Futaki (25) und auf die Arbeit von Löhlein (28, 29) verwiesen, der die phagocytosebefördernde Wirkung des normalen Serums auf verschiedene Bakterienarten, u. a. bestimmte Stämme von Bact. coli und von Streptokokken, im Reagensglase untersuchte; das Verhalten derselben Bakterienarten im Tierkörper stimmte aufs beste mit den Ergebnissen der Experimente in vitro überein. Eine gute zusammenfassende Übersicht insbesondere über die Arbeiten englischer und amerikanischer Autoren über Phagocytose findet sich bei Hectoen. (30)

Über Phagocytose von Milzbrand- und Pestbazillen machten Gruber und Löhlein (42) Mitteilungen, denen zufolge das Verhalten der Phagocyten zu den genannten Bakterien in vitro und im Tierkörper in allen Einzelheiten übereinstimmt.

3. Die bakteriotrope Wirkung des Cholera- und Typhusimmunserums und der Immunsera der Hogcholeragruppe.

Unsere Versuche über die Phagocytose im Reagensglas wurden in der von Neufeld und Rimpau (11) beschriebenen Weise angestellt. Im einzelnen sei über die Versuchstechnik noch folgendes bemerkt.

Wir benutzten fast ausschließlich Meerschweinchenleukocyten. Am besten nimmt man Tiere von 250—350 g und injiziert denselben intraperitonal 4—6 ccm Bouillon, der eine Messerspitze Aleuronat zugesetzt ist. Wir kochten die Röhrchen über der Flamme auf und injizierten vor völliger Abkühlung; bei längerem Sterilisieren bildet das Aleuronat dicke Klumpen. Nach 16—24 Stunden werden die Tiere getötet, das Exsudat mit der Pipette entnommen und sofort, um Gerinnung zu verhüten, stark in Kochsalzlösung verdünnt, alsdann wird die Bauchhöhle noch mehrfach mit reichlicher Kochsalzlösung nachgespült. Die verwendete Kochsalzlösung hatte in der Regel Zimmertemperatur, und oft haben wir die Leukocytenaufschwemmung ohne Schaden einige Stunden im Eisschrank aufgehoben; die isolierten Leukocyten scheinen gegen Temperaturschwankungen nicht sehr empfindlich zu sein. Etwa vorhandene gröbere Fibrinflocken lassen sich durch schnelles Sedimentieren leicht entfernen. Nun wird zentrifugiert, die überstehende Flüssigkeit abgegossen, und die Reste derselben von der Wand des Glases mit Fließpapier abgesogen; dann wird der Bodensatz nochmals in reichlicher Kochsalzlösung aufgeschwemmt und

wiederum zentrifugiert und abgegossen, eventuell wird, falls es auf Entfernung aller Exsudatreste ankommt, das Waschen noch einmal oder mehrere Male wiederholt, schließlich werden die Leukocyten in einigen ccm Kochsalzlösung aufgeschwemmt.

Von einer solchen, nicht zu dichten Aufschwemmung geben wir meist zwei Tropfen in ein kurzes Röhrchen von etwa 1 cm lichter Weite, dazu kommt 1 Tropfen der zu untersuchenden Serumverdünnung und 1 Tropfen einer Aufschwemmung der Bakterien in Bouillon (nicht Kochsalzlösung). Diese Aufschwemmung muß reichlich Bakterien enthalten, etwa 2—3 Ösen auf 1 ccm. Ein Kontrollröhrchen erhält an Stelle der Serumverdünnung 1 Tropfen Kochsalzlösung. Nach der Mischung kommen die Röhrchen in den auf 36—38° eingestellten Brütschrank.

Für manche Versuche ist eine frühzeitige oder eine wiederholte Entnahme notwendig, auch wechselt die Schnelligkeit des Ablaufes der Phagocytose je nach der Beschaffenheit der Zellen; in der Regel haben wir jedoch die geeignetsten Präparate bei Versuchen mit Cholerabazillen nach $1^1/_4$—$1^1/_2$, bei solchen mit Typhus oder Paratyphus nach etwa 2 Stunden erhalten. Um diese Zeit ist in den mit spezifischem Serum versetzten Röhrchen die Tätigkeit der Zellen etwa auf dem Höhepunkt, während in den Kontrollröhrchen mit Kochsalzlösung bei Verwendung geeigneter Kulturen keine irgend erhebliche Phagocytose stattgefunden hat.

Die Präparate fertigen wir ausschließlich aus dem Bodensatz an, der in dünner Schicht dem Glase anhaftet, nachdem die Flüssigkeit möglichst vollständig abgegossen ist. Wenn man eine kleine Öse dieses Bodensatzes abkratzt und mit möglichst wenig Flüssigkeit auf dem Deckglas sorgfältig verreibt, so erhält man in der Regel Präparate, in denen, abgesehen von einigen größeren Leukocytenhaufen, die Mehrzahl der Zellen frei liegt und sich genau durchmustern läßt, Wir fixieren die Präparate wenige Minuten in Alkohol-Äthermischung; zur Färbung erwies sich eine Mansonsche Methylenblaulösung, welche ein Jahr lang gestanden hatte und reich an Chromatinfarbstoff war, insofern als am besten geeignet, als sich die aufgenommenen Bakterien und Granula bei Anwendung dieses Farbstoffes besonders deutlich vom Zellprotoplasma abhoben Bei gut gelungenen Präparaten muß man die Konturen des Zellleibes bei der Mehrzahl der Zellen genau erkennen und alle in ihnen enthaltenen Bakterien oder deren Reste wahrnehmen können. Eine auch nur annähernde Zählung der aufgenommenen Bakterien halten wir jedoch bei jeder starken Phagocytose für unmöglich, es mögen oft 50 und mehr Bazillen und Granula in einer Zelle enthalten sein, so daß man über die Aufnahmefähigkeit der Zellen erstaunt ist. Bei der Phagocytose der hier in Betracht kommenden Bakterien beteiligen sich, wie von Metschnikoff oft betont worden ist, fast ausschließlich die polynukleären Zellen; die auf dem angegebenen Wege erhaltenen Exsudate bestehen auch ganz überwiegend aus dieser Zellart.

Die Messung der Stärke eines Serums geschieht dadurch, daß man den Grad der bei verschiedenen Verdünnungen eingetretenen Phagocytose, sowie die unterste Verdünnung feststellt, in der sich noch eine zweifellose spezifische Phagocytose erkennen läßt. Wir haben in dieser Beziehung strenge Anforderungen gestellt und nur solche Präparate als positiv gelten lassen, welche im Vergleich mit der Kochsalzkontrolle eine ganz zweifellose, für den geübten Beobachter sozusagen auf den ersten Blick erkennbare spezifische Wirkung zeigten.

Wenn man das gleiche Serum mehrmals an verschiedenen Leukocyten prüft, so erhält man häufig etwas ungleiche Werte, da die Beweglichkeit und Aufnahmefähigkeit der Leukocyten aus den Exsudaten verschieden ist. Zum großen Teil mögen hier individuelle Verschiedenheiten vorliegen, wie sie sich bekanntlich auch bei den entsprechenden Tierversuchen geltend machen; es ist wohl allgemein anerkannt, daß gerade bei denjenigen Sera, bei deren Wirkung die Phagocytose die Hauptrolle spielt, die Tierversuche unregelmäßig auszufallen pflegen, und es liegt nahe, dies mit individueller Ungleichmäßigkeit der Leukocyten zu erklären. Andrerseits mag auch bei den Bedingungen, unter denen sich die Leukocyten in den künstlich erzeugten Exsudaten befinden, ihre Leistungsfähigkeit öfters mehr oder weniger stark beeinträchtigt sein. Bei einiger Übung kann man übrigens auch ohne Vorwärmung der Präparate die Beweglichkeit der Leukocyten durch Beobachtung im hängenden Tropfen annähernd abschätzen und Exsudate mit schlecht beweglichen Zellen, die bisweilen vorkommen, unbenützt lassen.

Um jedoch |Irrtümer aus dieser Ursache zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Beweglichder Leukocyten jedesmal dadurch zu kontrollieren, daß man neben den zu prüfenden Sera ein Serum von bekannter Stärke verwendet. Bei wichtigen vergleichenden Versuchen über die Stärke verschiedener Sera haben wir die Prüfung stets gleichzeitig mit denselben Leukocyten vorgenommen.

Bei Beachtung des hier Gesagten ist für einen geübten Beobachter ein durchaus zuverlässiger, quantitativer Vergleich der bakteriotropen Wirkung verschiedener Immunsera leicht ausführbar. Sind zur Wertbemessung eines Serums absolut gültige Zahlen erforderlich, so lassen sich solche leicht dadurch ermitteln, daß jedesmal ein Standardserum von bekannter Stärke mitbenutzt wird.

Bei Beginn unserer Versuche zeigte sich, daß bei den zuerst von uns benutzten Cholera- und Typhuskulturen auch ohne Zusatz von Serum, wenn die Bakterien mit vielfach gewaschenen und in reiner Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten zusammengebracht und eine Zeit lang bei 37^{0} gehalten wurden, alsbald eine recht lebhafte Phagocytose eintrat, so daß zwischen diesen Kontroll- und den mit spezifischem Serum versetzten Röhrchen bei den zu verschiedenen Zeiten entnommenen Präparaten oft nur geringe Unterschiede zu finden waren. Wir zweifelten daher zunächst daran, ob sich eine bakteriotrope Wirkung des Typhusimmunserums in derselben Weise wie z. B. beim Streptokokkenserum würde nachweisen lassen.

Das Ergebnis wurde jedoch ein völlig anderes, als wir an Stelle der zuerst benutzten, wenig virulenten Kulturen gut virulente nahmen: nunmehr fand in den mit Kochsalzlösung versetzten Kontrollen auch nach Verlauf von zwei Stunden keine oder nur eine ganz geringfügige Phagocytose statt. Diese Abhängigkeit der im Reagensglase erfolgenden Phagocytose von der Virulenz der betreffenden Kultur ist offenbar einer der wichtigsten Punkte für alle derartigen Versuche. Auch in dieser Beziehung scheinen die Phagocytoseversuche im Reagensglase mit den Beobachtungen im Tierkörper gut übereinzustimmen. Man kann wohl annehmen, daß auch im Tierkörper derartig avirulente Bakterien, entsprechend der ursprünglichen Vorstellung Metschnikoffs, von den Leukocyten ohne Vorbereitung durch Serumstoffe aufgenommen und vernichtet werden können. Über eine entsprechende Erfahrung mit bakt. coli berichtet Löhlein (28). Für Streptokokken ist der gleiche Unterschied zwischen virulenten und avirulenten Stämmen im Reagensglasversuch zum ersten Mal durch Denys Schüler Marchand (9) in einwandfreier Weise dargelegt worden. Wir fanden jedoch, daß die Virulenzschwankungen nur innerhalb gewisser Grenzen mit dem Verhalten der Stämme zu den Phagocyten parallel gingen, nicht aber genau damit zusammen fielen. Es dürften hier ähnliche Verhältnisse wie bei der Agglutination vorliegen, deren Stärke bei manchen Bakterienarten (Streptokokken) ebenfalls im allgemeinen im umgekehrten Verhältnis zur Virulenz steht, ohne aber ausschließlich davon abhängig zu sein. Es scheint, daß auch in dieser Beziehung die Versuche im Reagensglase mit den Beobachtungen im Tierkörper übereinstimmen. Auch im Tierkörper sehen wir, daß im allgemeinen die avirulenten Kulturen viel stärker als die virulenten von Leukocyten aufgenommen werden; wir dürfen aber die Virulenz nicht ausschließlich auf diesen einen Faktor zurückführen, sondern annehmen, daß daneben noch andere Eigenschaften, z. B. die Resistenz der Kultur gegen die bakteriziden Serumstoffe und die Fähigkeit der Giftbildung in Betracht kommen.

Besonders deutlich trat der Zusammenhang zwischen der Virulenz der Kulturen und ihrem Verhalten den Leukocyten gegenüber in einigen Versuchen mit verschiedenen Cholerakulturen zutage. Wir prüften vier verschiedene Cholerastämme, die längere Zeit ohne Tierpassagen im Laboratorium fortgezüchtet waren, und fanden, daß alle vier ohne jeden Serumzusatz außerordentlich

stark von mehrfach gewaschenen, in Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten aufgenommen wurden. Zwei von diesen Stämmen wurden schon seit vielen Jahren in unserm Laboratorium fortgepflanzt, sie waren auch in Dosen von einer ganzen Öse für Meerschweinchen nicht tötlich und zeigten spontane Agglutination in Kochsalzlösung. Die beiden anderen dagegen waren einige Monate vorher noch virulent gewesen und verhielten sich bei der Agglutination normal. Eine dieser Kulturen Cholera 6., welche damals in der Dosis einer ganzen Öse ein 200 g schweres Meerschweinchen nicht tötete, wurde durch Tierpassagen wieder virulent gemacht, sodaß nunmehr $^1/_{10}$ Öse tötlich war. Gleichzeitig war ihr Verhalten im Phagocytoseversuch gänzlich verändert; ohne Serumzusatz trat jetzt auch nach 2 Stunden höchstens ganz geringfügige Phagocytose ein.

Unter Benutzung geeigneter Kulturen haben wir nun in ausgedehnten Versuchen festgestellt, daß alle Cholera- und Typhusimmunsera, die eine Schutzwirkung im Tierversuch besitzen, auch im Reagensglase deutlich bakteriotrop wirken. Wir nehmen daher an, daß diese Stoffe bei den üblichen Methoden der Immunisierung regelmäßig, wenn auch in wechselnder Stärke auftraten, und daß sie für die Schutzwirkung des Serums von wesentlicher Bedeutung sind.

Als „stark“ ist die Phagocytose in den folgenden Protokollen dann bezeichnet, wenn die Mehrzahl aller Leukocyten ganz von Bazillen und Granula erfüllt war, als „sehr stark“, wenn fast alle Zellen mit einer nicht zählbaren Menge von dicht aneinander liegenden Bakterien vollgestopft waren; solche Bilder sieht man nur bei gut beweglichen Leukocyten, die dann durch die Aufnahme der Bakterien stark vergrößert erscheinen. „Mäßig“ nannten wir die Freßtätigkeit der Zellen, wenn zwar noch eine Anzahl derartig maximal gefüllter Leukocyten vorhanden waren, daneben aber andere, die nur wenige, und vielleicht einige, die gar keine Bakterien aufgenommen hatten. In den als „gering“ bezeichneten Präparaten waren durchschnittlich nur wenige Keime aufgenommen, aber doch so viele, daß der Unterschied gegen die (natürlich jedesmal anzulegende) Kontrolle durchgreifend war. Wo in dieser Beziehung irgend ein Zweifel entstehen konnte, wurde das Ergebnis stets als negativ erklärt.

Die Verdünnungen sind auf das Verhältnis des reinen Serums zu der gesamten Flüssigkeitsmenge der Röhrchen berechnet; wurde z. B. ein Tropfen eines 1 : 25 verdünnten Serums mit einem Tropfen Kulturaufschwemmung und zwei Tropfen in Kochsalzlösung suspendierter Leukocyten versetzt, so ist die Serumverdünnung als 1 : 100 bezeichnet. Hierbei wurden Pipetten benutzt, die Tropfen von annähernd gleicher Größe ergaben; daher dürfte diese Methode, welche ein schnelles Arbeiten erleichtert, genügend genaue Werte ergeben. Die in einem Versuchsprotokoll zusammengefaßten Ergebnisse sind stets gleichzeitig mit denselben Leukocyten gewonnen, die Entnahmen erfolgten, wo nichts anderes bemerkt ist, entsprechend den oben gemachten Angaben, nach $1^1/_4$—2 Stunden.

Wir geben zunächst folgende Beispiele für die Phagocytose durch Choleraimmunsera. Alle geprüften Sera waren mit Karbol konserviert; einige auch vor dem Karbolzusatz bei 60° inaktiviert.

Phagocytose-Versuch 1. Mit Cholera Kulm.

Serumverdünnung	Kaninchen 23. 1 Agarkultur Chol. 6, abgetötet, intraper.	Kaninchen 24. 1 Agarkultur Chol. Kulm, abgetötet, intraper.	Kaninchen 28. $^1/_{80}$ Öse Chol. 6, abgetötet, intraven.	Kaninchen 29. $^1/_{80}$ Öse Chol. Kulm, abgetötet, intraven.
1 : 250	recht stark	recht stark	gering	mäßig
1 : 2 500	mäßig	etwas stärker als die Kontrolle	—	—
1 : 25 000	—	—	—	—

Dieser Versuch zeigt, daß das Serum von Kaninchen nach einer einmaligen intravenösen oder intraperitonealen Injektion abgetöteter Cholerakultur reichlich Bakteriotropin enthält.

Der folgende Versuch zeigt eine noch stärkere bakteriotrope Wirkung bei einem lange vorbehandelten Kaninchen und die Schwankung derselben kurz nach einer neuen Injektion. Gleichzeitig wurden zwei schwache Eselsera geprüft.

Versuch 2. Mit Cholera Kulm.

Serumverdünnung	Kaninchen 52. Seit 19. 4. 9 mal mit steigenden Dosen abgetöteter Cholera intraven. injiziert. Letzte Injektionen: 21. 8. 8 Ösen, 1. 9. 10 Ösen, 3. 10. 10½ Uhr 10 Ösen.						Esel 5. Am 3. 7. und am 17. 8. 06 je ½ Öse Cholera Kulm (bei 60° abgetötet) intraven.	
	Blutentnahmen vom						Blutentnahmen vom	
	24. 8.	25. 8.	3. 10. 10½ Uhr	3. 10. 11 Uhr	3. 10. 5 Uhr	4. 10.	10. 7.	12. 10.
1 : 75	.	.	.	.	.	.	mäßig	stark
1 : 250	stark	stark	sehr stark	sehr stark	sehr stark	stark	mäßig	zieml. stark
1 : 750	mäßig	mäßig	„	„	stark	gering	—	etwas stärker als die Kontrolle
1 : 2500	gering	—	mäßig	stark	mäßig	—	—	—
1 : 7500	—	—	gering	mäßig	—	—	—	—

— bedeutet: keine oder nur ebenso geringfügige Phagocytose, wie in der Kontrolle.
. bedeutet: in dieser Verdünnung nicht untersucht.

Versuch 3 zeigt die Wirkung eines starken Ziegenimmunserums, die noch deswegen bemerkenswert ist, weil das Serum länger als drei Jahre mit Karbolzusatz im Eisschrank aufgehoben war; ferner wurde ein Eselimmunserum sowie gleichzeitig einige Normalsera geprüft.

Versuch 3. Mit Cholera 6.

Serumverdünnung	Ziege. Lange konserviertes Serum. Titer im Pfeifferschen Versuch: 0,00005	Esel 1. 12mal teils mit lebender, teils mit abgetöteter Cholerakultur intravenös injiziert	Normale Ziege	Normaler Esel	Normales Kaninchen
1 : 25	stark	stark	—	—	—
1 : 250	„	„	—	—	—
1 : 2500	schwach	mäßig	.	.	.

In derselben Weise ließ sich bei mehreren andern mit Cholera immunisierten Tieren eine phagocytosebefördernde Wirkung des Serums nachweisen. Aus diesen Versuchen schließen wir, daß bei der Immunisierung gegen Cholera regelmäßig bakteriotrope Substanzen im Serum sich bilden; wir haben dieselben bei Eseln, Ziegen und Kaninchen festgestellt, bei letzteren nach intraperitonealer und intravenöser Injektion. Die Stärke der spezifischen Serumwirkung schwankte erheblich, sie entsprach anscheinend

in vielen Fällen ungefähr dem Titer der Sera im Tierversuch. Diese Substanzen sind sehr lange haltbar, sie waren in dem über drei Jahre aufbewahrten Ziegenserum noch nachweisbar.

Ebenso wie bei Cholera haben wir auch bei Typhus in allen Immunsera das Bakteriotropin in erheblicher Konzentration nachweisen können. Eine Ausnahme machen nur einige von typhuskranken Menschen stammende Serumproben, die teils gar keine, teils eine recht geringe bakteriotrope Wirkung zeigten; dieselben Sera gaben im Plattenversuch einen verhältnismäßig sehr starken Ausschlag. Auf dieses interessante Verhalten kommen wir noch zurück.

Zugleich mit den an Typhusseris erhaltenen Resultaten geben wir in den folgenden Protokollen die Ergebnisse der Versuche mit den Sera der Paratyphus (Hogcholera-)gruppe wieder. Die letzteren wurden nicht nur gegenüber dem Stamme, der zur Immunisierung gedient hatte, sondern auch gegen andere Stämme derselben Gruppe sowie gegen echte Typhusstämme auf ihre bakteriotrope Wirkung geprüft.

Bei Mäusetyphus und Paratyphus ergab es sich ebenfalls, daß einige wenig virulente Kulturen bereits ohne jeden Serumzusatz so lebhaft aufgenommen wurden, daß sie für derartige Versuche unbrauchbar waren. In den folgenden Versuchen sind natürlich nur Kulturen benutzt worden, die in den Kontrollen mit Kochsalzlösung keine nennenswerte Phagocytose zeigten. Von Typhusbazillen benutzten wir 2 Kulturen, W. und Br.; die Resultate waren bei beiden gleich.

Versuch 4. Mit Typhuskultur W.

Serumverdünnung	Kaninchen 40. 2 mal intraven. mit abgetöteter Typhuskultur (1/2 und 1 Öse) injiziert	Kaninchen 34. 3 mal intraven., 1 mal intraper. mit abgetöteter Typhuskultur injiziert	Kaninchen 8. 12 mal mit steigenden Dosen abgetöteter Paratyphuskultur injiziert
1 : 50	stark	stark	stark
1 : 150	„	„	mäßig
1 : 500	„	„	0
1 : 1500	gering	„	0
1 : 5000	0	gering	0

Versuch 5. Mit Typhus Br.

Serumverdünnung	Patient Kr.	Patient Mi.	Esel 4. Immunisiert intraven. mit abgetöteter Kultur Typhus W. Erste Injektion 25. 6. 1/2 Öse, zweite Injektion 17. 8. 1/2 Öse. Entnahmen vom			
			17. 8.	21. 8.	24. 8.	27. 8.
1 : 50	stark	gering	—	mäßig	stark	sehr stark
1 : 150	„	„	—	gering	„	„
1 : 500	—	—	—	—	mäßig	„
1 : 1500	—	—	—	—	—	stark
1 : 5000	.	.	.	.	.	mäßig

Versuch 6. Mit Typhus W.

Serum-verdünnung	Kaninchen 56. Vorbehandelt intraven. mit steigenden Dosen abgetöteter Typhuskultur bis zu 6 Ösen. Letzte Injektionen: 13. 9. und 3. 10. 10½ Uhr				Patient Str.	Paratyphus-Kaninchen 8
	Entnahmen vom					
	20. 9.	3. 10. 10½ Uhr (vor d. Injekt.)	3. 10. 5 Uhr	4. 10.		
1 : 40	.	.	.	.	sehr gering	sehr stark
1 : 120	sehr stark	stark	stark	sehr stark	—	mäßig
1 : 400	„	sehr stark	sehr stark	„	—	sehr gering
1 : 1200	mäßig	zieml. stark	zieml. stark	mäßig	—	—
1 : 4000	gering	gering	mäßig	gering	.	.

Die vier in der obigen Tabelle aufgeführten Serumproben von Kaninchen 56 zeigten unter sich nur geringe, aber doch deutliche Differenzen; die an dritter Stelle aufgeführte Probe war die stärkste, dann folgten die zweite, die vierte und schließlich mit recht geringem Unterschiede die erste. Diese vier Sera haben wir außerdem noch zweimal mit verschiedenen Leukocyten untersucht und, ohne die Resultate des ersten Versuchs vor uns zu haben, wiederum ihr Verhältnis zueinander notiert: hierbei ergab sich jedesmal, daß die Proben unter sich nur geringe Unterschiede zeigten, die Reihenfolge aber blieb dieselbe. Dabei waren die absoluten Zahlen bei dem einen Versuch infolge schlechterer Beschaffenheit der Leukocyten um etwa das Dreifache geringer, indem alle vier Sera bei 1 : 4000 ein negatives, und bei 1 : 2000 etwa das gleiche Resultat (gering—mäßig) ergaben, wie in der obigen Tabelle bei 1 : 4000. Dementsprechend ergab auch das Serum des Patienten Str. bei 1 : 40 negativen Befund, während es in dem obigen Versuch noch eine schwache Wirkung in dieser Verdünnung erkennen ließ.

Wir möchten hieraus entnehmen, daß unsere Methode recht genaue Vergleichswerte ergibt, und daß sich bei gleichzeitiger Prüfung verschiedener Sera mit den gleichen Leukocyten auch geringe Unterschiede des bakteriotropen Titers zuverlässig feststellen lassen.

Eine Anzahl von Versuchen über die bakteriotrope Wirkung der Sera von Typhuskranken und Rekonvaleszenten werden wir unten mitteilen; die folgenden Protokolle beziehen sich auf die Bakterien der Paratyphusgruppe und die wechselseitigen immunisatorischen Beziehungen derselben zu den Typhusbazillen.

Versuch 7. Mit Paratyphus (B).

Serum-verdünnug	Kaninchen 8. 12 mal intravenös mit ½—6 Ösen abgetöt. Paratyphus injiziert	Kaninchen 6. 4 mal intraven. mit ½—2 ccm abgetöt. Mäusetyphus-bazillenkultur inj.	Esel 1. Mehrere Monate lang mit lebender Hogcholera intravenös injiziert	Typhus-Kaninchen	Typhus-Esel
1 : 20	.	.	.	—	—
1 : 50	.	.	.	—	—
1 : 75	sehr stark	ziemlich stark	sehr stark	.	.
1 : 250	desgl.	mäßig	desgl.	.	.
1 : 750	desgl.	ziemlich gering	desgl.	.	.

Versuch 8. Mit Typhus- und Paratyphusbazillen.

Serumverdünnung	Ser. Patient Th. (Paratyphus), während der Fieberzeit entnommen		Paratyphus. Kan. 8. Dasselbe Serum wie oben im Versuch 4 und 6		Dass. Ser. in der Verdünn. 1 : 10 1 Std. bei 37° mit Paratyphus-Baz. abgesättigt, dann zentrifugiert		Kaninchen 66. Mit 2 Injektionen abgetöt. Kultur von Psittakose vorbehandelt		Typhus-Kaninchen 56.	
	mit Typhusbazillen	mit Paratyphusbazillen	mit Typhusbazillen	mit Paratyphusbazillen	mit Typhusbazillen	mit Paratyphusbazillen	mit Typhusbazillen	mit Paratyphusbazillen	mit Typhusbazillen	mit Paratyphusbazillen
1 : 20	—	stark	.	.	.	.	.	.	.	.
1 : 40	—	sehr gering	recht stark	recht stark	—	—	mäßig	stark	stark	—
1 : 100	—	—	mäßig	„	—	—	schwach	mäßig	„	—
1 : 400	—	—	—	„	—	—	—	—	„	—
1 : 1000	.	.	.	.	.	.	.	.	„	—

Versuch 9. Mit verschiedenen Stämmen der Paratyphus-Gruppe.

A. Mit dem Serum des längere Zeit mit abgetöteter Paratyphus-Kultur intravenös vorbehandelten Kaninchens 8.

Serumverdünnung	Schweinepestbazillen	Mäusetyphusbazillen	Psittakosebazillen	Paratyphusbazillen
1 : 40	stark	stark	stark	stark
1 : 120	„	„	„	„
1 : 400	„	„	„	mäßig
1 : 1200	„	„	gering	gering

B. Mit dem Serum eines mit lebenden Schweinepest(Hogcholera)bazillen hochimmunisierten Esels.

1 : 40	stark	stark	stark	stark
1 : 120	.	„	„	„
1 : 400	.	„	gering	mäßig
1 : 1200	.	gering	—	—

C. Mit dem Serum eines mit Psittakose immunisierten Kaninchens.
(Dasselbe Kaninchen wie in Versuch 8, inzwischen zum dritten Mal injiziert.)

1 : 40	.	.	stark	stark
1 : 120	.	.	mäßig	„
1 : 400	.	.	gering	gering
1 : 2200	.	.	—	—

Wir können es unterlassen, noch weitere von unseren zahreichen Versuchsprotokollen ausführlich wiederzugeben. Im ganzen haben wir an mehr als 40 Typhus- und an etwa 12 Sera der Paratyphusgruppe die spezifische bakteriotrope Wirkung feststellen können.

Die Spezifität der Wirkung ist jedoch bei den letzteren nicht unbeschränkt: die mit einem Stamm der Hogcholeragruppe gewonnenen Immunsera wirken nicht nur auf denjenigen Stamm, der zur Immunisierung gedient hat, bakteriotrop, sondern auch auf andere Stämme derselben Gruppe und zwar oft ebenso stark, wie auf den homologen Stamm. Wir haben dieses Verhalten für Paratyphus, Mäusetyphus, Schweinepest und Psittakose feststellen können (Versuch 7 bis 9).

Das Verhalten der Bazillen der Fleischvergiftung haben wir bisher noch nicht untersucht.

Aber nicht nur auf die Bakterien der gleichen Gruppe, sondern auch auf Typhusbazillen äußerten das Paratyphus-, Psittakose- und Hogcholeraserum eine nicht unerhebliche Wirkung, die jedoch quantitativ unverkennbar geringer ist.

Diese Ausnahmen von der sonst zu beobachtenden strengen Spezifität bestätigen wiederum, daß die bakteriotrope Wirkung der Sera im Reagensglase ein getreues Abbild der Immunitätsvorgänge im Tierkörper ist. Wir finden nämlich beim Tierversuch durchaus dieselben Abweichungen von der streng spezifischen Wirkung der Immunsera. Daß die einzelnen Stämme der Hogcholeragruppe sich bei der Immunität wechselseitig vertreten können, ist jetzt wohl allgemein anerkannt, aber auch gegenüber der Infektion mit Typhusbazillen besitzen Paratyphussera oft deutliche Schutzwirkung im Tierversuch, wie Böhme (31) und Bock (32) gefunden haben. Hiermit stimmen also unsere Reagensglasversuche aufs beste überein. Wir haben übrigens auch für unser Paratyphus- und Hogcholeraserum einen deutlichen Schutzwert gegen Typhus im Meerschweinchenversuch feststellen können.

Was nun das Schicksal der von den Leukocyten im Reagensglase aufgenommenen Bakterien betrifft, so läßt sich die Abtötung derselben innerhalb der Zellen aufs deutlichste verfolgen. Wenn man die oben über die Herstellung, Fixierung und Färbung der Präparate gemachten Angaben befolgt, so kann man an den meisten Leukocyten Form und Färbung der in ihrem Innern liegenden Bazillen oder der daraus entstehenden Zerfallsprodukte deutlich erkennen und, indem man in verschiedenen Zeitabständen Proben entnimmt, das Fortschreiten der intrazellulären Verdauung verfolgen. Die Schnelligkeit, mit welcher die Bakterien von den Zellen aufgelöst werden, ist je nach der Beschaffenheit der jeweils benutzten Leukocyten, der Menge der aufgenommenen Bakterien und der Bakterienart verschieden; im allgemeinen werden Cholerabazillen schneller als Typhusbazillen, und diese wieder schneller als Paratyphus- und Mäusetyphusbazillen verdaut.

Vielfach findet man im Innern der Leukocyten gequollene, annähernd kugelförmige, nicht ganz scharf begrenzte und im Vergleich mit den Bakterien hell gefärbte Gebilde von ziemlich wechselnder Größe, die wir den Pfeifferschen Granula vergleichen möchten, wenngleich sie uns immer noch besser färbbar erschienen, als die extrazellulär gebildeten Granula, und stärkere Größenunterschiede als diese aufweisen. Daneben finden sich kleinere, dunkler gefärbte und schärfer begrenzte Körnchen, von denen möglicherweise mehrere aus einem Bazillus hervorgegangen sein können, andere Bakterien zeigen starke kugelige oder unregelmäßig gestaltete Auftreibungen. Verglichen mit der extrazellulären Auflösung fällt vor allem die Mannigfaltigkeit der Formen sowie der im allgemeinen langsamere Gang der Verdauung innerhalb der Leukocyten auf; einen so allgemeinen und rapiden Zerfall, wie man ihn im Pfeifferschen Versuch in der freien Bauchhöhle insbesondere bei Cholera oft an sämtlichen Bakterien sieht, findet man hier nicht. Dies müßte unserer Ansicht nach aber der Fall sein, wenn im Innern der Leukocyten dasselbe Komplement wie im Exsudat wirksam wäre; ja nach Metschnikoffs Ansicht müßte dasselbe in den Leuko-

cyten in viel stärkerer Konzentration vorhanden, seine Wirkung also um so beschleunigter sein.

Wenn wir daher der Ansicht sind, daß die intrazelluläre Vernichtung der Bakterien in anderer Weise verläuft und auf anderen Stoffen beruht, als die Auflösung im freien Serum, so stimmen unsere Beobachtungen dennoch nicht mit denen von Lambotte und Stiennon (15) überein. Diese Autoren haben Cholerabazillen, die vorher mit inaktiviertem Immunserum „sensibilisiert" worden waren, im Reagensglase mit gewaschenen Meerschweinchenleukocyten versetzt und reichliche Phagocytose eintreten sehen; dabei sollen jedoch die aufgenommenen Vibrionen niemals in „Kugeln" (Granula) umgewandelt, sondern auf andere Weise abgestorben sein, indem sie kleiner und granuliert wurden und ihre Affinität zu den Farbstoffen veränderten. Fügten die Autoren dagegen freies Komplement hinzu, so trat (neben extrazellulärer Auflösung) reichlich typische „Kugelbildung" im Innern der Leukocyten auf; in schwächerem Grade wurde dieselbe auch beobachtet, wenn normale, nicht sensibilisierte Vibrionen mit Leukocyten und frischem Normalserum zusammengebracht wurden.

Wie eben beschrieben, haben wir bei unseren Versuchen bei Benutzung inaktivierten Immunserums und mehrfach gewaschener Leukocyten an den in das Innere der Zellen aufgenommenen Cholera- und Typhusbazillen die Granulabildung beobachtet. Daneben haben wir speziell an Typhusbazillen vielfach Versuche mit konzentriertem, frischem Normalserum gemacht und dabei, wie unten ausgeführt wird, sehr reichliche Phagocytose eintreten sehen. Wir konnten jedoch einen durchgreifenden Unterschied zwischen dem weiteren Schicksal der aufgenommenen Bakterien in diesem Falle und in den Fällen, wo die Phagocytose ohne Anwesenheit von Komplement durch verdünntes Immunserum stattgefunden hatte, nicht feststellen. Wir würden bei Präparaten, welche etwa gleich reichliche Phagocytose zeigen, nicht ohne weiteres entscheiden können, ob dieselben mit konzentriertem aktivem Normal-, oder mit verdünntem inaktivem Immunserum gewonnen sind.

Natürlich kann man es nicht vollkommen ausschließen, daß bei unseren Versuchen einige Bazillen zunächst außerhalb der Zellen absterben und erst sekundär, bereits als Granula, von den Leukocyten aufgenommen werden; insbesondere läßt sich bei manchen Cholerakulturen ein solcher extrazellulärer Zerfall beobachten. Derselbe braucht übrigens nicht auf freies Komplement zurückgeführt zu werden, da bei manchen Kulturen ja bereits ein Wechsel des Nährmediums eine erhebliche Abtötung zur Folge haben kann; um diesen schädlichen Einfluß möglichst zu vermindern, ist es notwendig, die Bakterien nicht in physiologischer Kochsalzlösung, sondern in Bouillon aufzuschwemmen. Der Zerfall von Bakterien in der freien Flüssigkeit blieb bei Aufschwemmung in Bouillon immer verhältnismäßig gering, und die Phagocytose erfolgte ganz unabhängig davon; Präparate, in denen ein etwas stärkerer Zerfall von Bazillen stattgefunden hatte, zeigten oft nur geringe Phagocytose und umgekehrt.

Sowohl bei Cholera- als auch bei Typhusbazillen fanden wir meistens in den nach 1—2 Stunden entnommenen Präparaten bereits die weit überwiegende Menge der aufgenommenen Bakterien in Granula verwandelt. Daß die Phagocyten in diesen

Fällen in der Tat die Bakterien vernichten, kann hiernach keinem Zweifel unterliegen, andererseits werden aber bei der schnellen Auflösung der Bazillen (die ja bei unseren Versuchen stets in sehr großer Menge zugesetzt wurden, um deutlichere Bilder zu erzielen) offenbar Giftstoffe frei, welche die Leukocyten stark schädigen, sodaß man besonders bei etwas späterer Entnahme viele der mit Granula gefüllten Zellen in Degeneration begriffen findet.

Erheblich langsamer, als die Cholera- und Typhusbazillen, werden manche Stämme von Paratyphus- und besonders von Mäusetyphusbazillen von den Phagocyten verdaut, bei andern Stämmen geschieht die Verdauung ebenso schnell, wie beim Typhus. Bei verlangsamter Verdauung findet man, daß die Zellen auch durch die allerstärkste Füllung mit Paratyphus- oder Mäusetyphusbazillen wenig geschädigt werden; man erhält dann mit diesen Bakterienarten die schönsten Demonstrationspräparate.

Da Paratyphusbazillen durch Immunserum auch bei reichlichem Zusatz von freiem Komplement nicht abgetötet werden, so liefert die starke Phagocytose und intrazelluläre Verdauung, welche durch das Immunserum auch bei diesen Bakterien ausgelöst wird, wiederum einen Beweis für die Unabhängigkeit beider Phänomene voneinander.

Vielleicht gibt uns die im Reagensglase festgestellte verzögerte Verdauung der Bakterien der Paratyphusgruppe durch die Leukocyten einen Anhaltspunkt zur Erklärung der eigentümlichen Wirkung des Paratyphusimmunserums im Tierkörper, die Bonhoff (35) und Böhme (31) festgestellt haben. Auch starke Paratyphussera schützen nämlich Meerschweinchen oft nur vorübergehend gegen die Infektion mit Paratyphusbazillen; bei längerer Beobachtung zeigt sich, daß die Tiere nach einiger Zeit doch der Infektion erliegen, man findet dann in den Organen reichlich Paratyphusbazillen. Auch bei der Immunisierung mit Streptokokkenimmunserum kommen derartige verspätete Todesfälle vor [Neufeld (39)], jedoch nicht so häufig wie bei Paratyphus. Man kann sich vielleicht vorstellen, daß einige der injizierten Bakterien im Innern von Leukocyten sehr lange lebensfähig bleiben und zu einer Zeit, wo das Immunserum bereits größtenteils aus dem Körper ausgeschieden ist, durch Zerfall der Leukocyten frei werden und zu einer erneuten Infektion Veranlassung geben.

4. Über das Verhältnis der bakteriotropen, der bakteriolytischen und der komplementablenkenden Antikörper zu einander.

In welchem Verhältnis stehen nun die bakteriotropen Stoffe zu den bakteriolytischen? Wir haben uns bereits früher zu der Ansicht bekannt, daß beide von einander verschieden sind, und daß man der bakteriotropen Immunität eine durchaus selbständige Stellung neben der antitoxischen und bakteriolytischen anweisen muß. Wenn sie tatsächlich sehr häufig zugleich mit der letzeren auftritt, so sehen wir darin eine analoge Erscheinung, wie in dem gleichzeitigen Vorkommen von Antitoxinen und bakteriziden Antikörpern. Indem wir auf unsere früheren Ausführungen hierüber verweisen, wollen wir hier nur die seitdem gewonnenen neuen Tatsachen, die wir als weitere Beweise für unsere Auffassung ansehen, mitteilen und die Bedeutung besprechen, welche für die Wirkung der einzelnen Immunsera der bakteriotropen und bakteriolytischen Komponente zuzukommen scheint.

Am einfachsten liegen nach den Ergebnissen der Reagensglasversuche die Verhältnisse beim Paratyphusserum; soweit wir es untersucht haben, scheinen sich die Immunitätsverhältnisse auch bei den übrigen Angehörigen der Hogcholeragruppe ähnlich zu gestalten. Die von uns untersuchten Sera dieser Gruppe enthalten nämlich ausschließlich Tropin, aber kein Lysin gegen die zugehörigen Bakterien.

Daneben enthalten sie jedoch, wenn auch in geringerer Menge, sowohl Tropin als Lysin gegen Typhusbazillen.

Die Sera stehen daher, was die Wirkung auf die homologen Bakterien, wir meinen damit die zu derselben Gruppe gehörigen Stämme, betrifft, dem Streptokokken- und Pneumokokkenserum nahe.

Am eingehendsten untersuchten wir das Serum eines Esels, der lange mit Hogcholera, und zwar mit lebender Kultur intravenös vorbehandelt worden war, sowie das Serum eines Kaninchens, das wir intravenös mit abgetöteter Paratyphuskultur immunisiert hatten. Die Sera waren zunächst zu Agglutinationszwecken hergestellt worden; beide agglutinierten die Paratyphuskultur, die wir zu unseren Versuchen benutzten, etwa gleich stark noch in einer Verdünnung bis 1 : 50000. Daneben trat bei beiden Sera eine Mitagglutination von Typhusbazillen ein, jedoch nur in Verdünnungen bis 1 : 100. Im Tierversuch ergaben beide Sera bei der gleichzeitigen intraperitonealen Injektion von Serumverdünnung und Kultur nach Pfeiffers Methode bei Meerschweinchen einen Schutzwert von mindestens 0,001 gegen Paratyphus, von 0,001—0,005 gegen Typhus W., einen geringeren gegen einen anderen Typhusstamm.

Was die Wirkung dieser Sera im Reagensglase betrifft, so geht aus den oben (Versuch 6—9) mitgeteilten Phagocytoseversuchen bereits hervor, daß die spezifischen Sera der Paratyphusgruppe eine starke bakteriotrope Wirkung auf die derselben Gruppe angehörenden Bazillen, eine schwächere auf Typhusbazillen ausüben. Bezüglich der bakteriziden Antistoffe möchten wir zunächst auf die schon erwähnte Arbeit von Töpfer und Jaffé (1) hinweisen, wonach sich im Plattenversuch keine abtötende Wirkung des Paratyphusserums feststellen läßt. Auch unsere zahlreichen Versuche fielen durchaus negativ aus.

Da Versuche mit Paratyphusserum bereits von Töpfer und Jaffé mitgeteilt sind, so mag es genügen, hier einen völlig negativ ausgefallenen Plattenversuch mit unserm Hogcholera-Eselserum anzuführen. Auch Versuche mit unverdünntem Normalserum als Komplement hatten kein anderes Ergebnis.

Versuch 10. Wirkung von Hogcholera-Eselserum auf Paratyphusbazillen.

Komplement: 1 : 10 verdünntes frisches Kaninchenserum.
Gelatineplatten nach 3 Stunden gegossen.

	Komplement-Kontrolle	Mit spezifischem Serum: unverdünnt	1 : 3	1 : 30	1 : 100	1 : 1000
Zahl der Kolonien	22 500	37 500	34 000	22 500	24 000	29 000

Die Versuchsanordnung war hier, wie in den folgenden Versuchen derart, daß 0,5 ccm des mit Kochsalzlösung verdünnten, spezifischen Serums mit 0,5 einer

Bakterienaufschwemmung in Bouillon (meist eine Öse in 1 ccm aufgeschwemmt und 10000-fach verdünnt) und 0,5 verdünnten frischen Kaninchenserums als Komplement vermischt und einige Stunden bei 37 ⁰ gehalten wurde. Alsdann wurde der ganze Inhalt der Röhrchen mit Gelatine zu Platten ausgegossen.

Das gegen die zugehörigen Bazillen unwirksame Paratyphusserum hatte dagegen auf Typhusbazillen eine nicht unerhebliche Wirkung im Plattenversuch, wie das folgende Protokoll zeigt.

Versuch 11. Wirkung des Paratyphus-Kaninchenserums auf Typhus W.
Komplement $^{1}/_{10}$ Kaninchenserum.

	Kochsalz-Kontrolle	Komplement-Kontrolle	Mit spezifischem Serum 1 : 100	1 : 1 000	1 : 10 000	1 : 100000	1 : 1000000
Kolonienzahl							
nach 3 Stunden	2 400	3 300	30	120	1 560	2 760	3 780
nach 5 Stunden	300 000	51 000	60	600	63 000	200 000	280 000

Ebenso zeigte das Serum eines an Paratyphus erkrankten Menschen eine bakterizide Wirkung auf Typhusbazillen (s. u. Versuch 13).

Dagegen ließ sich umgekehrt niemals eine bakterizide Wirkung von Typhussera auf Paratyphusbazillen nachweisen. Einige hochwirksame Typhus-Kaninchensera ergaben in dieser Beziehung ein vollkommen negatives Resultat.

Da also unser Paratyphusserum für die homologen Bakterien nur Tropine, für Typhusbazillen dagegen Tropine und Lysine enthielt, so machten wir einen Versuch, ob man vielleicht durch Digerieren des Serums mit Paratyphusbazillen die Tropine daraus entfernen kann, während die Lysine erhalten bleiben. Dies war bei der von uns gewählten Versuchsanordnung nicht der Fall, es wurden vielmehr alle Antistoffe gebunden. Wir verdünnten 0,4 des Serums mit der zehnfachen Menge von Kochsalzlösung und verrieben darin zwei Agarkulturen von Paratyphus; nach einstündigem Stehen bei 37⁰ wurden die Bakterien wieder abzentrifugiert. Nunmehr waren die Bakteriotropine sowohl für Typhus- wie für Paratyphusbazillen verschwunden (vergl. oben Versuch 8 Spalte 2 u. 3), zugleich aber auch die Lysine für Typhusbazillen: während die Komplementkontrolle des Plattenversuchs 2880 Keime aufgehen ließ, ergaben die mit spezifischem Serum versetzten Röhrchen in den Verdünnungen 1 : 10, 1 : 100, 1 : 1000 die Zahlen: 1730, 2880, 4000, also keinen deutlichen Einfluß.

Daß auch die gegen Typhusbazillen gerichteten Lysine des Paratyphusserums von der Paratyphus-Kultur gebunden wurden, ist nach den Anschauungen der Ehrlichschen Schule nicht weiter auffallend. Vielleicht ist aber der Nachweis nicht ohne Interesse, daß in diesem Falle die Bakterien einen bakteriolytischen Amboceptor gebunden haben, der sie selbst nicht anzugreifen vermag. Man könnte sich wohl vorstellen, daß ein so gebundener Amboceptor gleichwohl Komplement an sich zu reißen vermöchte, und daß auf ein derartiges Verhalten manche Unregelmäßigkeiten bei Versuchen mit der Bordet-Gengouschen Methode der Komplementablenkung zurückzuführen seien. Wir kommen unten noch auf die komplementablenkende Wirkung der Immunsera zurück; nach unsern Ergebnissen ließ sich allerdings ein Zusammen-

hang der bei der Komplementablenkung mit den im Plattenversuch in Wirkung tretenden Amboceptoren überhaupt nicht nachweisen.

Die Tierversuche ergaben in Übereinstimmung mit den Reagensglasversuchen, daß bei der Wirkung unseres Paratyphusimmunserums die Phagocytose zweifellos eine große Rolle spielt; die Entnahmen wurden dabei in derselben Weise gemacht, wie es oben für Cholera und Typhus angegeben wurde. Dagegen konnten wir eine spezifische Bakteriolyse beim Pfeifferschen Versuch nicht mit Sicherheit feststellen, es fand zwar, je nach der benutzten Kultur, ein mehr oder weniger starker Zerfall in Granula statt, doch war ein solcher auch im Peritoneum der Kontrolltiere, die mit gleichen Dosen normalen Serums behandelt waren, nachzuweisen. Zu einer endgültigen Entscheidung über die Wirkung des Paratyphusserums im Tierkörper würden jedoch Versuche mit verschiedenen Kulturen wünschenswert sein, da dieselben, nach den Befunden anderer Autoren zu urteilen, verschiedenes Verhalten zeigen können. Böhme (31) fand bei seinen Tierversuchen, daß die Auflösung der Bakterien „mitunter nur langsam und unvollständig erfolgte". In der sehr eingehenden Arbeit von Kutscher und Meinicke (36) wird dagegen gerade für Paratyphus ein deutlich ausgesprochenes Pfeiffersches Phänomen beschrieben. Hiernach muß man wohl annehmen, daß die Paratyphusstämme in bezug auf Granulabildung im Meerschweinchenperitoneum sich verschieden verhalten. Zweifellos wäre es ja am einfachsten, für das Paratyphusserum ähnliche Verhältnisse, wie für die gegen virulente Streptokokken, Rotlauf- und Pestbakterien gerichteten Sera anzunehmen: auch bei diesen fällt der Plattenversuch, wie Neißer (43) für Rotlauf, Kolle und Hetsch (37) für Pest feststellten, negativ aus, aber auch im Tierkörper lassen sich keine Lysine nachweisen.

Nach den Beobachtungen von Kutscher und Meinicke würden die Verhältnisse beim Paratyphus komplizierter liegen. Auch bei dieser Annahme dürfte der Nachweis der bakteriotropen Stoffe im Paratyphusserum und ihre Trennung von den Lysinen die Vorbedingung für die weitere Klärung dieser Frage bedeuten, die zweifellos erneuter Untersuchung bedarf.

Im Gegensatz zum Paratyphusserum enthält das Typhusimmunserum neben den bakteriotropen auch reichlich bakteriolytische Stoffe, die im Tierversuch und im Plattenversuch nachgewiesen sind. Für uns kam es beim Typhusserum daher in erster Linie darauf an, das Verhältnis zwischen den beiden Wirkungen des Serums zu analysieren: beruhen beide auf demselben Stoffe, so müßten sie notwendig miteinander parallel gehen, sind zwei voneinander verschiedene Stoffe dabei im Spiele, so ist zu erwarten, daß sie in manchen Fällen auseinander gehen werden. Dies bestätigte sich in der Tat bei Untersuchung einiger Sera von immunisierten Tieren; der Vergleich des bakteriotropen Titers mit dem Titer im Plattenversuch ergab, daß dieselben oft stark voneinander abweichen. Nach den bereits mehrfach erwähnten Untersuchungen von Töpfer und Jaffé durften wir jedoch erwarten, solche Divergenzen am deutlichsten bei einem Vergleich der Sera typhuskranker Menschen, besonders solcher aus den ersten Stadien der Krankheit, mit dem Serum von Rekonvaleszenten oder von hochimmunisierten Tieren zu finden. Diese Erwartung hat sich uns vollkommen bestätigt. Im folgenden geben wir die Protokolle über einige derartige Versuche, bei denen

gleichzeitig der bakterizide Titer im Plattenversuch und der bakteriotrope Titer im Phagocytoseversuch festgestellt wurde.

Bezüglich der Technik der Plattenversuche sei bemerkt, daß wir 0,5 der betreffenden Verdünnung des Immunserums mit 0,5 eines frischen, 1 : 10 bis 1 : 30 verdünnten Kaninchenserums und 0,5 Kulturaufschwemmung vermischten, die Röhrchen bei 37° hielten und nach der angegebenen Zeit, meist nach 3—4 Stunden, den ganzen Inhalt mit Gelatine zu Platten ausgossen. In einzelnen Fällen haben wir auch Agarplatten gegossen, ohne einen erheblichen Unterschied zu finden. Von Wichtigkeit ist es, daß die Aufschwemmung und Verdünnung der Kultur nicht in Kochsalzlösung geschieht, da hierbei eine enorme Abtötung von Keimen erfolgt, sondern in Bouillon. Die Kulturaufschwemmung wurde soweit verdünnt, daß 1,0 davon $^{1}/_{10000}$ Öse entsprach.

Die Zählung der Platten geschah am zweiten oder dritten Tage. Zählt man die Kolonien 24 Stunden nach der Aussaat, so erhält man im allgemeinen viel stärkere Ausschläge, da die mit spezifischem Serum versetzten Proben meist ein stark verzögertes Wachstum zeigen. Oft scheinen um diese Zeit Platten steril zu sein, die in den folgenden Tagen ziemlich reichlich Kolonien aufgehen lassen.

In dem folgenden Plattenversuch, bei welchem besonders zahlreiche Verdünnungen angesetzt wurden, haben wir ein Kaninchenserum und ein Patientenserum miteinander verglichen, wobei von dem letzteren zwei Serien von Platten angelegt wurden, die eine mit einem 1 : 10, die andere mit 1 : 25 verdünntem frischem Kaninchenserum als Komplement. Von beiden Sera wurden ferner je zwei Reihen angelegt, und von der ersten nach 3, von der zweiten nach 5 Stunden Platten gegossen.

Versuch 12. Mit Typhus W.

	sofort	nach 3 Stunden	nach 5 Stunden
Kontrollen mit Kochsalzlösung . .	26 272	129 600	1 000 000
„ „ Komplement 1 : 10	36 496	9 000	2 405
„ „ „ 1 : 25	28 648	15 456	13 248

Verdünnung des spezif. Serums	Serum des Pat. Str. (Ende d. zweiten Krankheitswoche)				Serum Kaninchen 56.	
	Mit Komplement 1 : 10 Entnahme nach		Mit Komplement 1 : 25 Entnahme nach		Mit Komplement 1 : 10 Entnahme nach	
	3 Stunden	5 Stunden	3 Stunden	5 Stunden	3 Stunden	5 Stunden
1 : 10	820	320	1 320	820	18 832	1 460
1 : 30	1 320	678	6 875	1 700	384	256
1 : 100	1 150	440	960	860	280	220
1 : 300	78	5	44	65	192	19
1 : 1 000	19	3	15	42	68	8
1 : 3 000	56	0	45	15	9	2
1 : 10 000	704	2 880	78	54	22	4
1 : 30 000	12 672	3 264	320	192	128	9
1 : 100 000	13 640	22 464	1 216	3 520	192	28
1 : 300 000	14 128	62 340	4 540	13 248	350	39
1 : 1 000 000	13 448	43 000	15 552	29 792	1 392	576
1 : 3 000 000	15 440	29 340	15 200	21 728	12 096	3 648
1 : 10 000 000	15 572	23 200	13 248	12 376	15 620	25 910

Hiernach zeigen beide Sera im Plattenversuch eine recht starke Wirkung, das Kaninchenserum eine noch stärkere als das Menschenserum. Der bakteriotrope Wert

derselben Sera ist bereits oben (s. Versuch 6) mitgeteilt worden; derselbe zeigt eine unvergleichlich größere Differenz, indem das Kaninchenserum noch bis 1 : 4000 einen Ausschlag gibt, also zu den stärksten der von uns untersuchten Proben gehört, während das Menschenserum mit einer geringen bakteriotropen Wirkung bei der Verdünnung 1 : 40 ein ganz schwaches Serum darstellt.

Wir untersuchten im ganzen 6 Sera und ein Pleuraexsudat von Typhuspatienten und fanden, daß einige davon im Phagocytoseversuch gar keine, andere eine schwache Wirkung hatten. Dagegen zeigte das Serum eines Typhus-Rekonvaleszenten eine ebenso starke bakteriotrope Wirkung, wie ein gutes Kaninchenserum. Dieselben Sera ergaben nun im Plattenversuch durchweg einen recht hohen Titer; auch das Serum eines Paratyphuspatienten hatte eine nicht unerhebliche bakterizide Wirkung auf Typhusbazillen. Die betreffenden Plattenversuche sind nachstehend in Versuch 13 und 14, die zugehörigen Phagocytoseversuche in Versuch 15 wiedergegeben.

Bezüglich der Plattenversuche sei bemerkt, daß es sich unserer Erfahrung nach empfiehlt, wichtige Versuche, die zum Vergleich verschiedener Sera dienen sollen, entweder gleichzeitig mit demselben Komplement anzustellen, oder aber jedesmal, gleichsam zur Kontrolle, ein Serum von bekannter Stärke mit in die Untersuchung zu beziehen. (Das gleiche haben wir oben für die Phagocytoseversuche gefordert.) Dies ist in den beiden folgenden Versuchen geschehen; einmal wurde ein stark wirksames Kaninchenserum, das andere Mal das bereits aus Versuch 12 bekannte Patientenserum Str. zum Vergleich genommen. Über das letztere sind demnach hier drei Protokolle mitgeteilt, die, soweit es bei Versuchen dieser Art zu erwarten ist, gut miteinander übereinstimmen; die Grenze der Wirksamkeit dieses Serums ist etwa bei der Verdünnung 1 : 30000 anzunehmen. Dabei gehen die absoluten Zahlen bisweilen weit auseinander. Daß in Versuch 12 die fast bei allen Versuchen in den stärkeren Konzentrationen des Immunserums auftretende Komplementablenkung bei Verwendung der Komplementverdünnung 1 : 25 viel stärker ausgesprochen ist, als bei Zusatz des nur 1 : 10 verdünnten Normalserums, ist ohne weiteres erklärlich; schwerer verständlich ist dagegen, daß bei geringerem Komplementzusatz die Wirkung des Serums sich weiter zu erstrecken schien, als bei Zusatz von mehr Komplement. Auf einige bei den Plattenversuchen zutage tretenden Eigentümlichkeiten soll in einer besonderen Arbeit des einen von uns (Hüne) noch eingegangen werden.

Versuch 13. Mit Typhus W.

Aussaat nach 4 Stunden.

Kochsalz-Kontrolle . . . . nach 4 Stunden: 69000.
Komplement- (1 : 15) Kontrolle „ 4 „ 2888.

Serum-verdünnung	Typhus-Patient Sch.	Paratyphus-Patient Th.	Kaninchen 56. Entnahme 4. 10.
1 : 10	51 000	5 184	126 000
1 : 100	3 256	2 880	48 000
1 : 1 000	320	256	192
1 : 3 000	192	1 400	64
1 : 10 000	456	2 500	220
1 : 30 000	610	4 200	128
1 : 100 000	6 300	15 000	576
1 : 1 000 000	2 200	16 000	2 880

Versuch 14. Mit Typhus W.

Aussaat nach 3 Stunden.

Kochsalz-Kontrolle . . . . sofort: 28000.
„ „ . . . . nach 3 Stunden: 165000.
Komplement- (1 : 15) Kontrolle „ 3 „ 80000.

Serumverdünnung	Typhus-Pat. Str.	Typhus-Pat. Tr.	Typhus-Pat. L. (Pleuraexsudat)	Typhus-Pat. Si.	Typhus-Pat. Be.
1 : 10	70 000	36 000	320	11 000	24 000
1 : 100	256	110	128	256	3 200
1 : 1 000	128	128	30 000	820	256
1 : 3 000	160	452	58 000	30 000	192
1 : 10 000	256	12 000	56 000	40 000	256
1 : 30 000	12 000	38 000	62 000	42 000	22 000
1 : 100 000	50 000	70 000	76 000	56 000	60 000
1 : 1 000 000	60 000	240 000	54 000	71 000	62 000

Die Zählung erfolgte in diesem Falle ausnahmsweise erst am vierten Tage nach der Aussaat, am zweiten Tage würden die Zahlen vielleicht kleiner gewesen sein. Eine Zählung 24 Stunden nach der Aussaat ergab viel geringere Werte, eine Anzahl von Platten erschien ganz steril.

Die folgende Tabelle gibt über den bakteriotropen Titer derselben fünf Sera und des einen Pleuraexsudates von Typhuspatienten- bez. Rekonvaleszenten Auskunft. Ein mehrfach geprüftes Kaninchenserum dient zur Kontrolle.

Versuch 15. Mit Typhus W.

Gut bewegliche Leukozyten. Entnahme nach $1^3/_4$ Stunden.

Serumverdünnung	Patient Sch. (Rekonvaleszent)	Patient Str.	Patient Tr.	Patient L. (Pleuraexsudat)	Patient Si.	Patient Be.	Kan. 56. Entnahme 3. 10. 12 Uhr
1 : 4	.	zieml. gering	—	mäßig	—	—	.
1 : 20	stark	gering	—	gering	—	—	.
1 : 100	„	—	—	—	—	—	stark
1 : 400	mäßig	—	—	—	—	—	„
1 : 1000	„	—	—	—	—	—	zieml. stark

Hiernach zeigten die von Typhuskranken stammenden Sera entweder gar keine oder eine sehr schwache bakteriotrope Wirkung, das Serum des Rekonvaleszenten Sch. dagegen erreichte annähernd die Stärke des Serums hochimmunisierter Tiere. Im Plattenversuch hatten dagegen alle Sera einen verhältnismäßig starken Einfluß.

Von Interesse ist auch das Serum des an Paratyphus erkrankten Th. Dasselbe wirkte im Plattenversuch in einer Verdünnung 1 : 1000 abtötend auf Typhusbazillen, im Phagocytose-Versuch hatte es, wie oben (Versuch 8) mitgeteilt wurde, auf Typhusbazillen gar keine, auf Paratyphusbazillen eine mäßige Einwirkung. Ein Plattenversuch mit Paratyphusbazillen ist nicht angestellt worden; nach den sonstigen Erfahrungen ist anzunehmen, daß derselbe negativ ausgefallen wäre.

Die vorstehenden Versuche ergeben, daß der bakterizide und der bakteriotrope Titer der Immunsera völlig unabhängig voneinander sind; die folgende kleine Zusammenstellung möge dies Verhältnis veranschaulichen.

Bezeichnung des Serums	Ungefährer Titer im Plattenversuch	Titer im Phagocytoseversuch	Agglutinationstiter	Titer im Pfeifferschen Versuch
Patient Str.	1 : 30 000	1 : 40 schwach	1 : 50 schwach	.
„ Tr.	1 : 10 000	1 : 4 0	1 : 100 +	⟩ 0,05
„ L. (Pleuraexsudat)	1 : 100	1 : 20 schwach	1 : 50 —	.
„ Si.	1 : 1 000	1 : 4 0	1 : 50 —	.
„ Be.	1 : 30 000	1 : 4 0	1 : 50 —	0,01—0,05
Paratyphus-Patient Th. .	1 : 1 000	1 : 4 0	.	.
Rekonvaleszent Sch. . .	1 : 30 000	1 : 1 000 mäßig	.	.

Hieraus ist unserer Ansicht nach kein anderer Schluß möglich, als daß der spezifische Amboceptor, welcher die Abtötung der Bazillen in Gemeinschaft mit dem Komplement im Plattenversuch bewirkt, mit dem Bakteriotropin nicht identisch ist. Bis auf weiteres liegt aber kein zwingender Grund vor, von der Annahme abzugehen, wonach die Abtötung im Plattenversuch und die Auflösung der Bakterien im Pfeifferschen Versuch durch dieselben Amboceptoren ausgelöst wird. Die Richtigkeit dieser bisher allgemein akzeptierten Annahme vorausgesetzt, müßte man aus unsern sowie aus Töpfer und Jaffés Ergebnissen schließen, daß für den Schutzwert der Typhussera im Tierversuch die bakteriotropen Stoffe wichtiger sind, als die Lysine. Wir glauben aber auch für die Typhusbazillen die Frage, inwieweit die Vorgänge der Bakteriolyse im Reagensglase und im Tierkörper parallel gehen, noch nicht endgültig entscheiden zu können, sondern weitere Untersuchungen mit verschiedenen Typhusstämmen abwarten zu sollen. Sollten sich Immunstoffe nachweisen lassen, die nur im Tierkörper, aber nicht im Reagensglase Bakterien auflösen, so dürfte man denselben nicht ohne weiteres die Eigenschaft von Amboceptoren beilegen.

Die Versuche, welche die Verschiedenheit der bakteriotropen Substanz von den bakteriolytischen Ambroceptoren im Typhusimmunserum erweisen, werden aufs beste ergänzt durch die gleichzeitig damit ausgeführten Untersuchungen von Neufeld und Bickel über die hämolytischen und hämotropen Serumwirkungen, welche an einem größeren Material mit völliger Sicherheit ergaben, daß die beiden Wirkungen auf zwei verschiedene Körper zurückzuführen sind. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind um so eindeutiger, als die Technik des Hämolyseversuchs sehr viel exaktere Werte ergibt als die Plattenversuche, die wir zur Bestimmung des bakteriziden Titers der Typhussera benutzen. Wir haben daher auch darauf verzichtet, kleinere Ausschläge im Plattenversuch zur Stütze für unsere Ansicht heranzuziehen, und von unseren recht zahlreichen Versuchen nur die obigen wiedergegeben, in denen der bakterizide und bakteriotrope Titer der Sera besonders stark auseinander gehen.

Es lag sehr nahe, die vorstehenden Versuche, in denen wir uns bemühten, die spezifische Wirkung des Typhusimmunserums gleichsam in verschiedene Komponenten

zu zerlegen, dadurch zu ergänzen, daß wir die von Bordet und Gengou angegebene und bereits von ihnen zum Nachweis von Typhusantikörpern benutzte Methode der Komplementablenkung heranzogen.

Nun ist jüngst durch Moreschi (38) ein Versuch mitgeteilt worden, aus dem hervorgeht, daß die Komplementablenkung nicht immer mit dem Schutzwert des Serums im Tierversuch parallel zu gehen braucht. In dem von Moreschi mitgeteilten Falle wurde das Serum eines Menschen untersucht, dem $^1/_{1000}$ Öse einer nach Löfflers Methode durch Erhitzen in trockenem Zustande abgetöteten Typhuskultur intravenös injiziert worden war: das Serum zeigte zehn Tage nach der Injektion dieselbe ablenkende Wirkung wie vor der Injektion, nämlich bis zu einer Dosis von 0,004 herab, während der Titer im Pfeifferschen Versuch von $\rangle$ 0,05 auf 0,001 bis 0,005 gestiegen war.

Man konnte nun daran denken, daß die komplementablenkende Wirkung mit der bakteriziden Serumwirkung, wie sie im Plattenversuch zum Ausdruck kommt, parallel geht. Es erschien uns daher geboten, solche Sera zu untersuchen, deren Wirkung im Plattenversuch festgestellt war, die also in der Tat in vitro Komplement verankerten.

Unsere Versuchsanordnung entsprach der von Moreschi angegebenen. Das Immunserum wurde in abgestuften Mengen mit $^1/_{10}$ Öse lebender, in 1,0 Kochsalzlösung aufgeschwemmter Typhuskultur und mit frischem Meerschweinchen-Normalserum als Komplement vermischt, und die Mischung 1 bis 2 Stunden bei 37° gehalten, dann wurde der hämolytische Amboceptor und 1 ccm einer 5%igen Aufschwemmung von gewaschenen Blutkörperchen zugesetzt, und die Röhrchen für weitere 2 Stunden in den Brutschrank gebracht. Als Komplement diente uns frisches Meerschweinchenserum, als hämolytischer Amboceptor das inaktivierte Serum eines mit Ziegenblut vorbehandelten Kaninchens, als Blutaufschwemmung wurde Hammelblut genommen; das letztere wurde von unserem Serum etwa ebenso stark wie Ziegenblut gelöst.

Zunächst ergab sich, daß das Serum eines hochimmunsierten Kaninchens eine deutliche spezifische Ablenkung bewirkte, wie in mehreren Versuchen bestätigt wurde; in dem folgenden Versuche war die ablenkende Wirkung jedoch nur etwa 10 mal stärker als die eines normalen Kontrollserums. Die Typhusaufschwemmung allein bewirkte keine Ablenkung, ebenso wenig das Serum allein, wie jedesmal durch Kontrollen festgestellt wurde.

Versuch 16.

Dosis des untersuchten Serums			nach 1 Stunde zugesetzt		Hämolyse bei Serum Kaninchen 56	Hämolyse bei Serum Kontroll-Kaninchen
0,05	$^1/_{10}$ Öse Typhus	0,08 Komplement	0,01 Amboceptor	1,0 Hammelblut	0	0
0,01	"	"	"	"	0	komplett
0,005	"	"	"	"	0	"
0,001	"	"	"	"	komplett	"
0,0005	"	"	"	"	"	"

Die verwendete Komplement-Dosis von 0,08 war das mehrfache der bei Benutzung derselben Amboceptormenge zur Lösung erforderlichen Minimaldosis, wie nachstehende Prüfung ergab.

0,01 desselben Amboceptors + 0,08 Komplement: komplette Lösung
" " " + 0,04 " : " "
" " " + 0,01 " : mäßig starke Lösung
" " " + 0,004 " : kleine Spur.

Im folgenden Versuch wurden die beiden Patientensera Be. und Si., von denen namentlich das erste eine sehr starke Wirkung im Plattenversuch gezeigt hatte, zugleich mit dem Serum eines gesunden Menschen auf ihre komplement-ablenkende Wirkung untersucht; gleichzeitig untersuchten wir zwei Immunsera und ein normales Serum von Kaninchen.

Die Versuchsanordnung war die gleiche, wie in dem vorigen Versuch, nur die Komplementmenge war geringer, nämlich 0,05.

Die folgende Tabelle zeigt die eingetretene Hämolyse.

Versuch 17.

Serummenge	Herkunft des Serums					
	Typh.-Pat. Be.	Typh.-Pat. Si.	Normaler Mensch	Typh.-Kan. 56	Typh.-Kan. 7	Kontroll-Kaninchen
0,03	komplett	komplett	mäßig	0	0	mäßig
0,01	"	"	komplett	0	komplett	komplett
0,003	"	"	"	mäßig	"	"
0,001	"	"	"	komplett	"	"
0,0001	"	"	"	"	"	"

Das Serum des Kaninchens 56 gehörte in bezug auf bakteriotrope wie auf bakterizide Wirkung zu unsern stärksten Sera, das des Kaninchens 7 zeigte im Plattenversuch bis etwa 1 : 1000, im Phagocytoseversuch bis 1 : 200 einen deutlichen Einfluß. Hiernach stimmt bei den Kaninchensera das Ergebnis des Ablenkungsversuchs insoweit mit dem sonstigen Verhalten der Sera überein, als die beiden spezifischen Sera eine deutlich stärkere Ablenkung als das Kontrollserum zeigten, und zwar das Serum 56 einen stärkeren als das Serum 7. Nur sind die Differenzen nicht sehr erheblich. Dagegen war bei den beiden Patientensera eine ablenkende Wirkung überhaupt nicht festzustellen; zum mindesten war sie geringer als die eines Kontrollserums.

Da beide Sera eine erhebliche bakterizide Wirkung im Plattenversuch hatten, so dürfen wir hieraus schließen, daß die spezifischen Amboceptoren, auf denen diese Wirkung beruht, nicht mit den Stoffen identisch sind, die bei dem Versuch nach Bordet-Gengou eine Komplementablenkung hervorrufen.

Das Resultat ist insofern überraschend, als gerade die im Plattenversuch wirksamen bakteriziden Antistoffe die einzigen sind, von denen wir direkt nachweisen können, daß durch ihre Vermittlung im Reagensglase Komplement auf den Bakterien fixiert wird; ja ein Überschuß solcher Sera bewirkt regelmäßig eine Ablenkung des bakteriziden Komplements (Phänomen von Neisser-Wechsberg). Wenn nun dieselben Sera hämolytisches Komplement nicht ablenken, so glauben wir darin einen sichern Beweis für die Ehrlichsche Annahme der Vielheit der Komplemente sehen zu müssen.

Wir halten hiernach die Deutung, die Bordet und Gengou dem von ihnen entdeckten Phänomen ursprünglich gegeben haben, für irrig.

Wenn in der Tat die meisten Typhusimmunsera eine Hemmung der Hämolyse hervorrufen, so beruht das nicht auf ihrem Gehalt an bakteriolytischen Amboceptoren, sondern auf anderen, gleichzeitig im Serum vorhandenen Stoffen, die, sobald sie an die Typhusbazillen, oder, was wohl mehr in Betracht kommen dürfte, an gelöste Bestandteile derselben gebunden werden, die Fixierung auch von „fremdem“ Komplement bewirken.

Nun besitzen die beiden fraglichen Patientensera im Gegensatz zu den untersuchten Kaninchensera gar keine bakteriotrope Wirkung. Daß etwa die bakteriotropen Stoffe mit der Komplementablenkung etwas zu tun haben sollten, ist nicht anzunehmen; denn sie üben ja ihre Wirkung aus, ohne daß dabei ein Komplement mitbeteiligt ist. Aus den Untersuchungen Besredkas geht ferner hervor, daß ein rein bakteriotropes Serum, wie das Antistreptokokkenserum, keine Komplementablenkung bewirkt. Ferner fällt auf, daß die beiden Patientensera Be. und Si. im Gegensatz zu den Kaninchenimmunsera kein Agglutinin enthalten. Bekanntlich ist ja die Komplementablenkung vielfach auf die Agglutinine (Präzipitine) des Serums zurückgeführt worden; doch sprechen eine Reihe von Erfahrungen, auf die wir hier nicht näher eingehen wollen, gegen einen solchen Zusammenhang.

Hiernach ist es nicht gelungen, die komplementablenkenden Stoffe des Typhusimmunserums mit andern, bereits bekannten Antikörpern zu identifizieren. Wir vermuten daher, daß es sich dabei um Stoffe eigener Art handelt und gedenken, alsbald auf diese Frage zurückzukommen.

Auch für das Paratyphusserum konnten wir eine Komplementablenkung nachweisen; das in den obigen Versuchen bereits mehrfach erwähnte Serum des mit Paratyphus immunisierten Kaninchens 8 rief bei der soeben beschriebenen Versuchsanordnung in der Dosis von 0,01 eine vollständige, in der Dosis von 0,005 eine starke Hemmung der Hämolyse hervor. Auch hier war jedoch der Unterschied gegen ein normales Kaninchenserum nicht sehr groß, da dieses in der Dosis von 0,05 ebenfalls eine vollständige und bei 0,005 eine noch gerade deutlich erkennbare Hemmung bewirkte.

Bei Untersuchung der Choleraimmunsera ergab sich im Plattenversuch eine weit regelmäßigere und im Durchschnitt stärkere Abtötung, als wir sie für die Typhussera fanden. Dies war nach unsern Anschauungen nicht anders zu erwarten, da wir wissen, daß wenn man bei Typhus- und Cholerasera, die etwa den gleichen Titer im Tierversuch haben, den Ablauf des Pfeifferschen Versuchs mikroskopisch verfolgt, das Pfeiffersche Phänomen bei Cholera regelmäßiger und im allgemeinen stärker auftritt, als bei Typhus. Die nachfolgenden Beispiele mögen den Ablauf des Plattenversuchs bei Cholera zeigen; wir gedenken auf einige dabei gemachten Beobachtungen in anderem Zusammenhange noch zurückzukommen.

Da bekanntlich normale Sera auf Cholerabazillen meist weit stärker abtötend wirken, als auf Typhusbazillen, so muß man das Komplement bei den Choleraversuchen etwas stärker verdünnen. Es gelingt aber bei dem schwankenden Komplementgehalt des normalen Serums, selbst wenn man immer das gleiche Tier benutzt,

nicht stets die richtige Verdünnung zu treffen, und so werden manche Versuchsreihen durch Zusatz von zu viel oder zu wenig Komplement unbrauchbar.

Versuch 18. Mit Cholera Kulm.

Spezifisches Serum eines Kaninchens, das eine intravenöse Injektion von $^{3}/_{100}$ Öse bei 60° abgetöteter Cholera erhalten hat.

Komplement: frisches Kaninchenserum 1 : 15 und 1 : 50 verdünnt. Aussaat nach 3 Stunden.

Kochsalz-Kontrolle . . . . nach 3 Stunden: ∞

Beide Komplement-Kontrollen „ 3 „ ∞

Serumverdünnung	Komplement 1 : 15	Komplement 1 : 50
1 : 10	0	mehrere tausend
1 : 100	0	„ hundert
1 : 1 000	0	„ „
1 : 10 000	ca. 60	viele tausend
1 : 100 000	„ 250	∞
1 : 1 000 000	„ 100	∞

Versuch 19. Mit Cholera Kulm.

Serum eines längere Zeit intravenös mit abgetöteter Kultur vorbehandelten Kaninchens.

Komplement 1 : 25 verdünntes Kaninchenserum. Aussaat nach 3 Stunden.

Kochsalz-Kontrolle: verflüssigt.

Komplement-Kontrolle: „

Serumverdünnung	Kolonienzahl
1 : 10	vereinzelte Kolonien
1 : 100	0
1 : 1 000	0
1 : 10 000	etwa 600
1 : 100 000	tausende
1 : 1 000 000	verflüssigt

Die nachstehenden beiden Versuche beziehen sich auf ein und dasselbe Serum. Dasselbe stammte von einem Monate lang durch intravenöse Injektionen abgetöteter Kultur immunisierten Kaninchen. Besonders der erste Versuch ergibt eine sehr starke bakterizide Wirkung; dabei ist allerdings zu beachten, daß hier das Komplement in der Verdünnung 1 : 25 schon an sich stark abtötete.

Versuch 20. Mit Cholera Kulm.

Serum-Kaninchen 52.

Komplement: Kaninchenserum 1 : 25. Aussaat nach 3 Stunden.

Kochsalz-Kontrolle: 280 000.

Komplement-Kontrolle: 4 900.

Serumverdünnung	Kolonienzahl
1 : 100	0
1 : 1 000	0
1 : 10 000	0
1 : 100 000	0
1 : 1 000 000	6

Versuch 21. Mit Cholera Kulm.

Dasselbe Serum mit anderem Komplement 1 : 20 geprüft. Aussaat nach 3 Stunden.
Kochsalz-Kontrolle: 33 000.
Komplement-Kontrolle: 14 700.

Serumverdünnung	Kolonienzahl
1 : 100	348
1 : 300	0
1 : 1 000	0
1 : 3 000	50
1 : 10 000	2 400
1 : 30 000	0
1 : 100 000	1 200
1 : 1 000 000	39 600

5. Die phagocytosebefördernde Wirkung normaler Sera.

Neben der phagocytosebefördernden Wirkung der Immunsera haben wir auch die des Normalserums untersucht. Wie bereits oben erwähnt, haben wir dabei die Angaben von Wright & Douglas, Gruber & Futaki u. a. bestätigen können, daß Typhusbazillen, die von den in reiner Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten nicht aufgenommen werden, in der Regel einer äußerst lebhaften Phagocytose anheimfallen, sobald frisches Normalserum hinzugefügt wird. Diese Eigenschaft des Normalserums geht beim Inaktivieren verloren und verschwindet rasch bei zunehmender Verdünnung des Serums. Der folgende Versuch möge dies erläutern.

Phagocytose-Versuch 22. Mit Typhus W.

Entnahmen nach $1^{3}/_{4}$ Stunden.

Serumverdünnung	Frisches norm. Meerschw.-Serum	Dasselbe, 20 Min. auf 59° erhitzt
1 : 2	sehr stark	—
1 : 4	„ „	—
1 : 20	gering	—
1 : 60	—	—

Wie in den oben mitgeteilten Phagocytoseversuchen ist die Serumverdünnung hier auf das Gesamtvolum der Mischung berechnet; die Verdünnung 1 : 2 bedeutet z. B., daß 3 Tropfen Serum mit 1 Tropfen Kultur und 2 Tropfen Leukocytenaufschwemmung gemischt wurden.

Daraus, daß die phagocytosebefördernde Wirkung des Normalserums durch Erhitzen auf 59° zerstört wurde, ergab sich für uns die Gewißheit, daß sie nicht auf derselben Ursache beruhen könne, wie die des spezifischen Serums; es lag die Vermutung nahe, daß durch die im normalen Serum vorhandenen Amboceptoren und Komplemente die Bakterien eine leichte Schädigung erfahren und dann sekundär vom Phagocyten gefressen werden. Im Gegensatz hierzu nehmen Wright und Douglas an, daß diese Wirkung des Normalserums auf einem neuen thermolabilen Stoffe, dem sogenannten „Opsonin“ beruht.

Die Entscheidung hierüber gaben Versuche, in denen wir das Komplement des Serums nicht durch Erhitzen, sondern auf anderem Wege entfernten, und nun untersuchten, ob die phagocytosebefördernde Substanz noch vorhanden war. Wir haben hierzu zwei Methoden angewandt: einmal die Absorption durch Hefe nach v. Dungern, und zweitens die Ablenkung des Komplements durch ein spezifisches (präzipitierendes) Antiserum.

Die Hefe wurde frisch verwendet, und ein mindestens linsengroßes Stück davon in 0,4 ccm frischen normalen Meerschweinchenserums verrieben, die Aufschwemmung wurde gleichzeitig mit einer Kontrollprobe desselben Normalserums zwei Stunden bei 37 ⁰ gehalten, dann zentrifugiert und mit Leukocyten und Typhusbazillen versetzt. Durch einen Hämolyseversuch wurde festgestellt, daß in der Tat Komplement absorbiert worden war. Zugleich war aber auch die phagocytosebefördernde Wirkung verschwunden. (Versuch 23.)

Dasselbe ergab sich, als 0,4 des frischen Normalserums mit einer kleinen Menge verdünnten Menschenserums und mit Anti-Menschenserum (präzipitierendes Serum eines mit Menschenblut vorbehandelten Kaninchens), beides inaktiviert, versetzt wurde; es trat ein starkes Präzipitat auf, und die phagocytosebefördernde Eigenschaft des Serums war gleichzeitig mit dem Komplement verloren gegangen. Der Verlust war jedoch offenbar nicht vollständig, obgleich auch hier der Hämolyseversuch negativ ausfiel. Es ist wohl nicht weiter überraschend, wenn es nicht gelungen ist, durch ein spezifisches Präzipitat eine Menge von 0,4 Serum völlig des Komplements zu berauben; die Anwesenheit kleiner Komplementmengen entzieht sich bekanntlich dem Nachweis durch den Hämolyseversuch. Bei der Bindung durch Hefe muß man eine größere Menge Hefe ziemlich lange Zeit einwirken lassen, und erreicht auch dann nicht jedesmal eine vollständige Komplementsabsorption.

Phagocytose-Versuch 23. Mit Typhus W.

Serum-Verdünnung	Frisches Meerschweinchen-Normalserum, 2 Stunden bei 37° gehalten	Dasselbe Serum mit Hefe versetzt und 2 Stunden bei 37° gehalten	0,4 desselben Serums mit 0,2 zehnfach verdünntem, inaktiviertem Menschenserum und 0,1 inaktiviertem „Antimenschenserum" 1 Stunde bei 37° gehalten; starkes Präzipitat
1 : 2	sehr stark	0	mäßig stark
1 : 4	„ „	0	recht gering

In einem weiteren Versuch (24) wurde die Ablenkung des Komplements durch den Zusatz von inaktiviertem Rinderserum und dem inaktivierten Serum eines mit Rinderserum vorbehandelten Kaninchens erzielt, gleichzeitig wurden die Kontrollen mit inaktiviertem Serum eines normalen Kaninchens versetzt. Nach 1¼ stündigem Stehen bei 37⁰ wurde abzentrifugiert, und Leukocyten und Bakterien zugesetzt.

Hierbei ergab sich, daß der Effekt der Ablenkung viel schwächer wurde, sobald, an Stelle des 1 : 10 verdünnten, konzentriertes Rinderserum genommen wurde. Dies stimmt mit der Beobachtung von Muir und Martin (44) überein, wonach die stärkste

Komplementablenkung bei einer bestimmten Menge des Serums (Präzipitogens) zustande kommt; sie wird oberhalb und unterhalb dieses Optimums (welches mit dem Optimum für die Präzipitatbildung nicht zusammenfallen soll), schwächer.

Phagocytose-Versuch 24. Mit Typhus W.
Entnahmen nach 2 Stunden.

Schließliche Verdünnung des Meerschweinchen-Serums	0,3 frisches Meerschw. Normal-Serum + 0,2 $^{1}/_{10}$ Rinderserum		0,2 frisches Meerschw. Norm.-Serum + 0,1 unverdünntes Rinderserum	
	+ 0,1 „Antirinderserum“	+ 0,1 Kontrollserum	+ 0,1 „Antirinderserum“	+ 0,1 Kontrollserum
1 : 4	0	stark	mäßig	stark
1 : 8	0	mäßig	gering	mäßig
1 : 40	0	gering	0	gering

Wir haben sodann ein spezifisches Kaninchenserum in derselben Weise mit Hefe versetzt, um festzustellen, ob dadurch die bakteriotrope Substanz etwa beeinflußt würde. Wie sich erwarten ließ, war das nicht der Fall. Wir haben den Versuch sowohl mit verdünntem inaktiven, als auch mit frischem konzentrierten Immunserum angestellt; das letztere wurde hinterher entsprechend verdünnt.

Phagocytose-Versuch 26. Mit Typhus W.

Serumverdünnung	Kaninchen-Immunserum, frisch entnommen		Konserviertes, mit Kochsalzlösung 1 : 100 verdünntes Kaninchen-Immunserum	
	mit Hefe versetzt, 2 Stunden bei 37° gehalten, dann verdünnt	ohne Hefezusatz, bei 37° gehalten, dann verdünnt	mit Hefe versetzt, 2 Stunden bei 37°	ohne Zusatz bei 37° gehalten
1 : 40	stark	stark	.	.
1 : 200	„	„	recht stark	recht stark
1 : 400	mäßig	mäßig	stark	stark

Ferner wurde frisches Typhusimmunserum genau wie in Versuch 24 mit Rinder- und Antirinderserum versetzt: Die bakteriotrope Wirkung blieb quantitativ erhalten.

Wir schließen aus diesen Versuchen, daß die sogenannte „opsonische“ Wirkung des Normalserums von dem Komplementgehalt abhängig ist[1]). Mit der von uns gefundenen bakteriotropen Wirkung der spezifischen Sera hat sie, wie schon die Erhitzungsversuche ergaben, nichts zu tun.

---

[1]) Wenn man die Mitwirkung von freiem Komplement bei der „Opsonin“wirkung annimmt, so geht doch aus allen Versuchen hervor, daß dazu sehr viel geringere Komplementmengen erforderlich sind, als zur Bakteriolyse. Gerade hierin möchten wir die praktische Wichtigkeit, sozusagen die Zweckmäßigkeit des Vorganges sehen. Die Mitwirkung derartig geringer Komplementmengen scheint uns auch durch die jüngste Arbeit Löhleins (Ann. Pasteur, Nov. 1906) nicht widerlegt zu sein.

Ähnliche Ergebnisse betreffs der phagocytosebefördernden Wirkung des Normalserums, wie für Typhusbazillen, erhielten wir für eine Staphylokokkenkultur, nur daß hier das Verhalten der Kultur zu den Leukocyten ohne erkennbare Gründe starke Schwankungen zeigte. Es handelte sich um eine längere Zeit im Laboratorium fortgezüchtete Kultur von Staphylococcus aureus. Dieselbe wurde bisweilen von sorgfältig gewaschenen Leukocyten ohne jeden Zusatz von Serum sehr stark und schnell aufgenommen, in anderen Fällen erfolgte auch nach 1—2 Stunden bei ebenfalls gut beweglichen Leukocyten nur geringe Aufnahme. Bei Zusatz von frischem normalen Meerschweinchenserum im Verhältnis von 1 : 5 war stets eine ausgiebige Phagocytose zu beobachten, bisweilen auch noch in stärkerer Verdünnung bis etwa 1 : 30. Wurde dasselbe Serum inaktiviert, so ergaben sich ganz wechselnde Resultate: in manchen Fällen trat keine Phagocytose ein, in andern annähernd ebenso starke, wie beim frischen Serum. Es erinnert dies etwas an Beobachtungen, die bei der Agglutination der Streptokokken gemacht worden sind, und denen zufolge die hierbei in Wirksamkeit tretenden Receptoren der Bakterien unter Umständen eine auffallende Labilität zeigen.

Hierdurch erklären sich wohl auch die Unregelmäßigkeiten in den oben besprochenen Experimenten Deans; zu entscheidenden Versuchen über das Wesen der phagocytosebefördernden Serumstoffe scheinen uns gerade die Staphylokokken am wenigsten geeignet zu sein.

Auch die Bazillen der Hochcholeragruppe zeigten etwas schwankendere Verhältnisse als Typhus- und Cholerabazillen. Zu Versuchen über spezifische Bakteriotropine, wie sie oben mitgeteilt wurden, dürfen nur gut virulente Stämme verwendet werden; solche zeigten bei unseren Versuchen, wenn sie ab und zu durch den Tierkörper geschickt wurden, in den Kochsalzkontrollen keine nennenswerte Phagocytose. Derartige Stämme werden nun bisweilen, wie wir an einem Mäusetyphusstamm beobachteten, bei Zusatz von normalem Meerschweinchenserum in außerordentlich lebhafter Weise von den Leukocyten aufgenommen, und zwar annähernd in demselben Grade und mit der gleichen Schnelligkeit, gleichviel ob aktives oder inaktives Serum verwendet wird. Auch diese Serumwirkung dürfte unserer Ansicht nach kaum etwas mit den echten Tropinen zu tun haben. Vielleicht handelt es sich auch hier um leichte Schädigungen der Bakterien, die durch thermostabile Serumstoffe hervorgerufen sind. Das Vorkommen solcher thermostabiler bakterizider Stoffe darf wohl schon jetzt als sicher bewiesen angesehen werden, insbesondere sind solche Serumstoffe nachgewiesen, die Milzbrandbazillen energisch abtöten und dabei nicht der Mitwirkung komplementartiger Stoffe bedürfen, da ihre Wirkung weder durch Inaktivieren, noch durch längeres Aufbewahren, noch durch Zusatz von Komplement absorbierenden Stoffen aufgehoben wird.

Aus den vorstehenden Untersuchungen und aus früheren Beobachtungen scheinen sich uns gewisse gesetzmäßige Beziehungen zwischen der Infektionswirkung der einzelnen Bakterienarten und der Art der von ihnen ausgelösten Antikörper zu ergeben.

Er scheint nämlich in der Regel die bakteriolytische Wirkung des Immunserums um so mehr zurück- und die bakteriotrope um so mehr in den Vordergrund zu treten, je mehr sich die betreffenden Bakterien den eigentlichen Septikämieerregern nähern. Von den hier untersuchten Bakterien sind die der Paratyphusgruppe wohl den septikämischen zuzurechnen; bei der krankmachenden Wirkung der Typhusbakterien spielt die Allgemeininfektion des Körpers ebenfalls noch eine erhebliche Rolle, während sie bei der Cholerainfektion sehr zurücktritt. Dem entsprechend spielt die Bakteriolyse bei der Choleraimmunität die größte, bei Paratyphus die geringste Rolle. Von den typisch-septikämischen Bakterienarten hat sich bei vielen, wie den Streptokokken, Pneumokokken, Pest-, Rotlauf- und Milzbrandbazillen, die Benutzung hochvirulenter Stämme vorausgesetzt, bisher eine bakteriolytische Wirkung des Immunserums nicht nachweisen lassen; weder war ein Pfeiffersches Phänomen im Tierkörper, noch eine abtötende Wirkung im Plattenversuch festzustellen. Eine Ausnahme von dieser Regel bildet allerdings der Vibrio Metschnikoff, bei welchem Behring und Nissen (45) sowie später Neisser und Wechsberg (4) eine zweifellose Wirkung des Immunserums im Plattenversuch nachgewiesen haben.

Ferner scheint es, als ob spezifische Bakteriolysine vorzugsweise gegen solche Bakterienarten gebildet werden, gegen welche sich bereits im Normalserum bakteriolytische Amboceptoren finden, wie es bei Typhus- und in noch weit stärkerem Grade bei Cholerabazillen der Fall ist. Gegenüber den obengenannten septikämischen Krankheitserregern fehlen dagegen, soweit es bisher untersucht ist, Bakteriolysine im normalen Serum. Auf Milzbrandbakterien übt das normale Serum mancher Tierarten allerdings bekanntlich einen starken bakteriziden Einfluß aus, doch haben neuere Untersuchungen [vgl. Pirenne (40)] sehr wahrscheinlich gemacht, daß es sich dabei nicht um ein echtes Bakteriolysin handelt.

6. Schlußfolgerungen.

1. Bei der Immunisierung gegen Cholera- und Typhusbazillen, sowie gegen die Bakterien der Paratyphusgruppe treten im Serum spezifische Bakteriotropine auf, deren Wirkung sich im Reagensglase noch in stärkeren Verdünnungen nachweisen und messen läßt.

2. Diese Antikörper werden durch $^1/_2$ stündiges Erhitzen auf 60 bis 62° und durch Zusatz von $^1/_2$ % Phenol nicht zerstört und sind Monate und Jahre lang haltbar.

3. Die bei der Immunisierung mit einem Bakterienstamm der Paratyphusgruppe gebildeten Bakteriotropine sind auch gegen andere, zur gleichen Gruppe gehörige Stämme wirksam. Bakteriolytische Amboceptoren gegenüber den Stämmen dieser Gruppe waren in den von uns untersuchten Fällen nicht nachzuweisen.

4. Das Paratyphus- und das Hogcholeraimmunserum enthält daneben in geringerer Menge heterologe, gegen Typhusbazillen gerichtete Stoffe, und zwar sowohl bakteriotrope als bakteriolytische.

5. Die Bakteriotropine sind von den bakteriolytischen Amboceptoren verschieden. Dies wird erwiesen

a) dadurch, daß bei der Immunisierung gegen Paratyphus (ebenso wie es für Streptokokken und Pneumokokken nachgewiesen ist), nur die erstgenannten Stoffe entstehen;

b) dadurch, daß manche Typhussera stark bakterizid, aber wenig bakteriotrop wirken, während in anderen Fällen das Verhältnis umgekehrt ist; hierdurch dürfte sich der Mangel an Übereinstimmung des Titers vieler Sera im Tierversuch und im Plattenversuch wenigstens zum großen Teil erklären;

c) durch die Analogie mit den Ergebnissen der Untersuchung hämolytischer und hämotroper Sera.

6. Bei manchen Bakterienarten (z. B. Typhusbazillen, Staphylokokken) rufen auch normale Sera in starker Konzentration Phagocytose hervor; diese ist an das Vorhandensein von freiem Komplement gebunden und beruht wohl auf dem Zusammenwirken geringer Mengen von normalen Amboceptoren und Komplement.

7. Bisweilen übt das konzentrierte Normalserum auch nach der Inaktivierung auf gewisse Bakterienarten (manche Staphylokokkenstämme und Angehörige der Paratyphusgruppe) eine phagocytosebefördernde Wirkung aus, deren Ursache noch unerklärt ist.

8. Avirulente Kulturen werden vielfach ohne jeden Serumzusatz von mehrfach gewaschenen und in Kochsalzlösung aufgeschwemmten Leukocyten lebhaft aufgenommen; solche Kulturen sind zur Prüfung der bakteriotropen Serumwirkung ungeeignet.

9. Bisher hat sich in allen Fällen eine befriedigende Übereinstimmung der im Reagensglase und der im Tierkörper beobachteten Phagocytose ergeben.

10. Die komplementablenkende Wirkung von Typhusimmunsera beruht nicht auf ihrem Gehalt an bakteriolytischen Amboceptoren.

Literatur.

1. **Töpfer** u. **Jaffé**, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 52, S. 393.
2. **Stern** u. **Korte**, Berl. Klin. Woch. 1904, Nr. 9.
3. **Hahn**, D. Arch. f. klin. Med. Bd. 82.
4. **Neisser** u. **Wechsberg**, Münch. med. Woch. 1901, Nr. 18.
5. **Neufeld** u. **Hüne**, Vortrag in d. freien Verein. f. Mikrobiologie. Zentralbl. f. Bakt. Beiheft 1906, S. 27.
6. **Denys** u. **Leclef**, La cellule. 1895. Bd. 11, S. 177.
7. **Denys** u. **Marchand**, Bull. de l'Acádemie Royale de Belgique. 1896.
8. **Mennes**, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 25, S. 413. 1897.
9. **Marchand**, Arch. de méd. exp. Bd. 10, S. 253. 1898.
10. **Denys**, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 24, 695. 1898.
11. **Neufeld** u. **Rimpau**, D. med. Woch. 1904, S. 1458.
12. **Dieselben**, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 51, S. 283.
13. **Neufeld** u. **Töpfer**, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 38, S. 456.
14. **Levaditi**, Annales de l'Inst. Pasteur. 1901, S. 904.
15. **Lambotte** u. **Stiennon**, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 50, S. 224 u. 393.
16. **Leishmann**, British med. Journal. 1901. I, S. 73.
17. **Wright** u. **Douglas**, Proc. roy. Soc. Bd. 72, S. 357. 1903. Referiert. Zentralbl. f. Bakt. Ref. Bd. 35, S. 377.

18. Dieselben, ebenda. Bd. 73, S. 128.
19. Dieselben, ebenda. Bd. 74, S. 169.
20. Wright, British med. Journ. 7. Mai 1904.
21. Wright, D. med. Woch. 1904, Nr. 52.
22. Hectoen u. Rüdiger, Journal of infect. diseases. 1905. II, S. 128.
23. Savtchenko, Ann. de l'Institut Pasteur. 1902.
24. Tarassewitsch, ebenda.
25. Gruber u. Futaki, Münch. med. Woch. 1905.
26. Bulloch u. Atkin, Proc. roy. Soc. Bd. 74, S. 379. 1905.
27. Dean, ebenda. Bd. 76, S. 506. 1905. Zentralbl. f. Bakt. Ref. Bd. 37, S. 348 u. 449.
28. Löhlein, Ann. de l'Institut Pasteur. 1905, S. 647.
29. Derselbe, Vortr. in d. freien Verein. f. Mikrobiologie. 1906. Zentralbl. f. Bakt. 1906. Beiheft.
30. Hectoen, Journ. of the Amer. med. Assoc. 12. Mai 1906.
31. Böhme, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 52, S. 97.
32. Bock, Arbeiten a. d. Kais. Ges.-Amt. Bd. 24, H. 2.
33. Abel, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 20, S. 766.
34. Ascher, ebenda. Bd. 32, S. 449.
35. Bonhoff, Arch. f. Hyg. Bd. 50, S. 222.
36. Kutscher u. Meinicke, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 52, S. 301.
37. Kolle und Hetsch, ebenda. Bd. 48, S. 368.
38. Moreschi, Berl. klin. Wochenschr. 1906, S. 1243.
39. Neufeld, Zeitschr. f. Hyg. u. Infekt.-Krankh. Bd. 44, S. 171 f.
40. Pirenne, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 36, S. 723.
41. Sitzungsbericht d. freien Ver. f. Mikrobiologie. Zentralbl. f. Bakt. 1906. Beiheft. S. 39.
42. Ebenda.
43. Neisser, Ehrlichs ges. Arbeiten. Berlin 1904. S. 493.
44. Muir und Martin, Journal of hygiene. July 1906.
45. Behring und Nissen, Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 8, S. 424 ff.

Aus dem hygienischen Institut und der bakteriologischen Anstalt
zu Straßburg i. Els.

Über die Bedeutung des Vorkommens der Paratyphusbazillen (Typus B).

Von

Dr. Walter Gaehtgens,

Assistenten an der Anstalt.

Die Vervollkommnung der Methoden zum Nachweise der Typhusbazillen in den Fäces, vor allem das von Lentz und Tietz[1]) ausgearbeitete Malachitgrünverfahren, hat das Studium der Bakterienflora des Darmes in hohem Grade erleichtert und gefördert. Insbesondere gilt das für die Schottmüllerschen Paratyphusbazillen (Typus B), über deren Vorkommen im menschlichen Organismus die Anreicherung der Fäces auf dem Malachitgrünagar vielfach interessante Aufklärungen gebracht hat. Bereits einmal hatte ich[2]) Gelegenheit, über das vorübergehende Auftreten von Paratyphusbazillen bei drei Typhusrekonvaleszenten berichten zu können. Inzwischen gelangte in der Anstalt eine größere Anzahl ähnlicher Fälle zur Beobachtung, welche mich auf Anregung von Herrn Professor Forster zu einer Zusammenfassung unserer Erfahrungen über das Vorkommen der Paratyphusbazillen (Typus B) in den Fäces überhaupt veranlaßt hat. Bei der Erörterung dieser Frage habe ich mich zur besseren Übersicht an die sich von selbst ergebende Trennung in das Erscheinen der Paratyphusbazillen bei Paratyphuskranken, Gesunden und Typhusrekonvaleszenten gehalten.

Was zunächst das zeitliche Auftreten der Schottmüllerschen Mikroben in den Entleerungen von Paratyphuskranken anlangt, so läßt sich ein Unterschied gegenüber dem Verhalten der Typhusbazillen nicht erkennen, indem auch hier das Erscheinen der Bakterien offenbar ganz unregelmäßig erfolgt. Während bei manchen Patienten sich nur in der Fieberperiode, nicht aber in der Rekonvaleszenz Bazillen nachweisen ließen, war bei anderen die Züchtung der Keime noch 6—7 Wochen nach Beginn der Erkrankung möglich. Die Zahl der auf den Platten gewachsenen Paratyphuskolonien war in der Regel eine recht beträchtliche, insbesondere lieferte die Anreicherung auf Malachitgrünagar oftmals nahezu Reinkulturen.

Von 27 im Verlaufe von drei Jahren untersuchten Paratyphuskranken ist zurzeit der Anstalt nur einer als chronischer Bazillenträger bekannt, der schon seit

[1]) Lentz und Tietz, Münchener med. Wochenschr. 1903, Nr. 49.

[2]) Gaehtgens, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 40, 1906.

langer Zeit gelegentlich an Koliken leidet. Im Jahre 1903 hatten sich bei ihm in der Rekonvaleszenz Bazillen nicht mehr nachweisen lassen. Im Frühjahr 1906 wurde er wieder untersucht, und nun ließen sich aus den Fäces und dem Urin Paratyphusbakterien in großer Zahl isolieren. Der gleiche Befund ergab sich bei mehrfach wiederholten Untersuchungen.

Als chronische Bazillenträgerinnen gelten ferner zwei Frauen, welche beide an gelegentlich auftretenden Kolikanfällen leiden und in den Fäces wiederholt Paratyphusbazillen ausgeschieden haben. Das Blut der einen agglutiniert Paratyphusbazillen in einer Verdünnung 1 : 100, sodaß allenfalls auch an eine latent abgelaufene Paratyphusinfektion gedacht werden könnte, obwohl die Frau jedes Unwohlsein in der letzten Zeit ausdrücklich verneint. Eine Blutuntersuchung bei der anderen Frau war leider nicht möglich. Interessant sind beide Fälle durch die Tatsache, daß sie anläßlich echter Typhuserkrankungen in ihrer nächsten Umgebung als Paratyphusträgerinnen festgestellt wurden. Die durch das bei beiden bestehende Gallensteinleiden erheblich verstärkte Vermutung, daß sie als Typhusbazillenträgerinnen vielleicht ihre Umgebung angesteckt hätten, ließ sich aber nicht bestätigen, vielmehr mußte bei dem merkwürdigen Bazillenbefund die Annahme eines ätiologischen Zusammenhanges mit den Typhen fallen gelassen werden.

Ähnlich verhalten sich drei weitere gesunde Personen, eine Frau und zwei Kinder, in deren Umgebung echte Typhuserkrankungen vorgekommen waren, welche zur Untersuchung ihrer Fäces Veranlassung gaben. Auch hier ließen sich merkwürdigerweise Paratyphusbazillen nachweisen, aber der Bazillenbefund beschränkte sich auf dieses eine Mal, und weitere Untersuchungen ergaben stets ein negatives Resultat. Wir haben es hier also nicht mit einer chronischen Bazillenausscheidung zu tun, man muß vielmehr annehmen, daß die Paratyphusbazillen befähigt sind, den Darm des Menschen lediglich als Saprophyten zu passieren und, ohne eine Infektion hervorgerufen zu haben, nach kurzer Zeit wieder zu verlassen. Diese Vermutung wird durch die Blutuntersuchung, welche bei beiden Kindern ein negatives Resultat ergab, gestützt. Eine Blutuntersuchung bei der Frau wurde nicht ausgeführt.

Berücksichtigt man, daß nach diesen Befunden ein vorübergehendes Auftreten der Paratyphusbazillen im Darm, auch ohne zu einer Infektion Veranlassung zu geben, möglich ist, so wird es erklärlich, daß ebenso wie bei gesunden Personen, auch bei Typhusrekonvaleszenten die Schottmüllerschen Bakterien in den Fäces erscheinen können. Dabei ist es freilich nicht ausgeschlossen, daß die eingedrungenen Mikroben auch in die Blutbahn des Organismus gelangen, ohne indes auffällige Infektionserscheinungen hervorrufen zu müssen. In einer Reihe von Fällen, deren kurze Schilderung ich hier folgen lasse, fand ich dies völlig bestätigt.

I. A. F.[1]) erkrankte am 1. IX. 05. Klinischer Typhus. Das Serum agglutinierte Typhusbazillen (1 : 100), aus dem Blute ließen sich Typhusbazillen nach der von Kayser[2]) modifizierten Conradischen Gallenmethode züchten. Fäcesuntersuchungen:

[1]) Fall I, II und III sind in der oben angeführten Arbeit von mir bereits eingehend beschrieben worden.

[2]) Kayser, Münchener med. Wochenschr. 1906, Nr. 17.

Am 29. IX. und 5. X. negativ, am 11. X. positiv für Typhus und Paratyphus; drei weitere Stuhluntersuchungen ergaben ein negatives Resultat. Bei der Blutuntersuchung am 14. und 19. X. agglutinierte das Serum Typhusbazillen (1 : 250) und Paratyphusbazillen (1 : 100); ferner sprach der Ausfall des Castellanischen Versuches[1]), sowie der Pfeifferschen Reaktion[2]) dafür, daß eine nachträgliche Infektion des Organismus mit Paratyphusbazillen stattgefunden hatte, d. h. daß eine Mischinfektion vorlag.

II. G. C. erkrankte am 3. X. 05. Klinischer Typhus. Fäcesuntersuchungen: Am 6. X. Typhusbazillen im Stuhl; am 27. X. negativ; 14. XI. Paratyphusbazillen im Stuhl; drei folgende Untersuchungen negativ. Die Blutentnahme wurde verweigert.

III. S. H. erkrankte am 10. X. 05. Klinischer Typhus. Das Blut agglutinierte am 18. X. nur Typhusbazillen schwach (1 : 50). Fäcesuntersuchung: Am 2. und 8. XI. negativ; am 23. XI. Paratyphusbazillen im Stuhl; drei folgende Untersuchungen waren negativ. Am 25. XI. agglutinierte das Blut nur Typhusbazillen (1 : 200).

IV. C. D. fühlte sich bereits seit dem 20. XII. 05 unwohl, erkrankte dann am 6. I. 06 unter heftigen gastroenteritischen Erscheinungen. Der Typhusverdacht ließ sich durch die bakteriologische Untersuchung bestätigen. Das Blut des Patienten agglutinierte am 13. I. 06 Typhusbazillen schwach (1 : 50); aus den Fäces ließen sich am 8. I. Typhusbazillen isolieren. Während die erste Stuhluntersuchung in der Rekonvaleszenz am 11. I. negativ ausfiel, wurden bei der zweiten am 19. I. Paratyphuskeime auf den Platten gefunden. Drei weitere am 25. und 31. I., sowie 5. II. vorgenommene Untersuchungen ergaben wieder ein negatives Resultat. Das Blut agglutinierte am 25. I. Typhusbazillen (1 : 100) und Paratyphusbazillen (1 : 100).

V. P. M. erkrankte am 18. XII. 06. Klinischer Typhus. Das Blut agglutinierte am 20. XII. nur Typhusbazillen (1 : 100). Fäcesuntersuchung: Am 16. I. 06 negativ, am 23. I. Paratyphusbazillen im Stuhl; die drei nächsten Male negativ.

VI. A. M. erkrankte am 21. XII. 05. Klinischer Typhus. Fäcesuntersuchung: Am 16. und 23. I. 06 negativ, am 30. I. Paratyphusbazillen im Stuhl; die drei nächsten Male negativ.

Leider war eine Blutuntersuchung bei Fall VI aus äußeren Gründen nicht möglich. Da bei ihm Typhusbazillen überhaupt nicht nachgewiesen wurden, ließe sich der Einwand erheben, daß es sich bei ihm von vornherein um einen Paratyphus gehandelt habe, der klinisch eben als echter Typhus auftrat. Indessen darf mit großer Wahrscheinlichkeit ein auch im bakteriologischen Sinne echter Typhus angenommen werden, da bei dem kurz vorher erkrankten Bruder (Fall V, P. M.) der Typhus bakteriologisch bestätigt worden war.

Während in den bisher geschilderten sechs Fällen die Paratyphusbazillen bei Typhusrekonvaleszenten auftraten, ließ sich das gleiche auch bei zwei Typhusbazillenträgern beobachten.

VII. Bei Frau H., welche im 6. Lebensjahre Typhus durchgemacht hatte und deren Kinder im Herbst 1905 an Typhus darniederlagen, ließen sich am 28. IX. 05

[1]) Castellani, Zeitschr. f. Hygiene und Inf. Bd. 40, 1902.

[2]) Pfeiffer und Kolle, ebenda Bd. 21, 1896.

Typhusbazillen in den Fäces nachweisen. Das Blut der Frau agglutinierte nicht. Bei den im Verlaufe der nächsten Monate zwei- bis dreiwöchentlich vorgenommenen Stuhluntersuchungen ließen sich zwei Male, am 29. XI. 05 und 17. I. 06, Paratyphusbazillen auf den Platten feststellen, während sich sonst stets ein negatives Resultat ergab.

VIII. Ph. Sp. erkrankte am 12. VII. 05. Klinischer Typhus. Das Serum des Patienten agglutinierte am 24. VII. Typhus- und Paratyphusbazillen (1 : 100); aus dem Blute ließen sich Typhusbazillen züchten. Da sich aus den Fäces bei den zuerst wöchentlich, später monatlich ausgeführten Untersuchungen beinahe immer Typhusbazillen isolieren ließen, wurde der Fall als chronischer Bazillenträger in den Büchern der Anstalt geführt. Am 30. IV. 06 ließen sich neben den Typhuskeimen gleichzeitig zahlreiche Paratyphuskolonien auf den Platten nachweisen; die folgenden mehrfach wiederholten Untersuchungen ergaben dagegen immer ein negatives Resultat. Das Blut agglutinierte am 14. V. 06 nur Typhusbazillen (1 : 100), Paratyphusbazillen dagegen nicht.

An der Hand dieser Fälle kann man sich eine Vorstellung über die Art des Auftretens der Paratyphusbazillen im Organismus machen. Leider konnte manchmal die Blutuntersuchung zur Aufklärung, ob die Paratyphusbazillen als Infektionserreger in den Kreislauf eingedrungen waren, oder sich lediglich als Saprophyten im Darm angesiedelt hatten, nicht ausgeführt werden, weil die Patienten jede Blutentnahme verweigerten oder sonstige Gründe einer solchen entgegenstanden. Immerhin läßt sich durch Vergleich und Ergänzung der einzelnen Fälle feststellen, daß die Paratyphusbazillen entweder bei gleichzeitig noch bestehender Typhusinfektion als Parasiten in dem Organismus aufzutreten und hier die charakteristischen Infektionsreaktionen auszulösen imstande sind, d. h. eine Mischinfektion hervorrufen, wie es Fall I, A. F., ferner IV, C. D., wenn auch leider nur unvollkommen, beweist. Oder es spielen die Paratypusbakterien nur die Rolle von Saprophyten, welche ohne Hinterlassung einer nachweisbaren Spur den Darm nach kurzer Zeit wieder verlassen (vergl. III, H. S. und VIII, Ph. Sp.). Eine dritte Möglichkeit wäre die, daß die Paratyphusbazillen erst nach bereits abgelaufener Typhusinfektion den Organismus infizieren, wie es gelegentlich von Kayser[1]) beobachtet worden ist.

Entfernter liegt der Gedanke, der sich besonders bei Fall VIII, Ph. Sp. zuerst aufdrängen könnte, daß es sich vielleicht um einen Übergang der Typhusbazillen in Paratyphusbazillen handle. Indessen habe ich, um diesem immerhin möglichen Einwande wenigstens teilweise zu begegnen, die Prüfung von 50 aus Fäces, Urin oder Blut gezüchteten Typhusstämmen ausgeführt, welche in zugeschmolzenen Röhrchen seit 1 ½—3 Jahren bei Zimmertemperatur aufbewahrt worden waren. Alle zeigten ausnahmslos in ihrem Wachstum auf Agar und Kartoffel, in Lackmusmolke und

[1]) Kayser, Deutsche med. Wochenschrift, 1904, Nr. 49.

Traubenzuckerbouillon kein Abweichen von der Regel und wurden von einem hochwertigen Typhusimmunserum prompt bis zur Hälfte des Grenzwertes agglutiniert. Zwei in der gleichen Weise geprüfte, drei Jahre alte Paratyphusstämme waren ebenfalls unverändert geblieben. Ebensowenig ließ sich eine Umwandlung feststellen bei Typhusbazillen, welche 8 Wochen lang bei Brutschrank- und Zimmertemperatur auf sterilen Placentastücken gezüchtet und wöchentlich untersucht wurden.

Immerhin bleibt die merkwürdige Tatsache bestehen, daß nach dem plötzlichen Auftreten der Paratyphusbazillen sich die Eberthschen Mikroben dauernd in den Fäces nicht mehr nachweisen ließen. Es wäre denkbar, daß zwischen den beiden Bakterienarten vielleicht ein Antagonismus besteht, den sich der Organismus zu nutze macht, um sich mittels der zufällig eingedrungenen Paratyphuskeime der Typhusbazillen zu entledigen. Zur Aufklärung dieser Frage würde es besonderer Untersuchungen bedürfen, welche vielleicht imstande sein könnten, auch Anhaltspunkte für die Behandlung der Bazillenträger zu liefern.

Interessant ist ferner die auffallende Übereinstimmung in dem Zeitpunkt des Auftretens der Bazillen in den Fäces. Bei allen sechs Typhusrekonvaleszenten ließen sich die Paratyphusbazillen in der 6. Woche nach dem Beginn der Erkrankung nachweisen, auch bei IV, C. D., wenn wir hier das Auftreten des leichten Unwohlseins als Beginn der Erkrankung rechnen. Es ist bereits von anderer Seite darauf aufmerksam gemacht worden, daß gerade zu dieser Zeit häufig ein Wiederauftreten der Mikroorganismen in den Fäces beobachtet werden kann. Daß dieser Zeitpunkt auch der Ansiedelung anderer Mikroben als der ursprünglichen Infektionserreger ganz besonders günstig zu sein scheint, geht aus unseren Beispielen ohne weiteres hervor.

Beanspruchen die Fälle aus den genannten Gründen schon ein gewisses Interesse, so ist schließlich nicht minder auffallend das Ausbleiben jeder Störung im körperlichen Befinden der Kranken. Da, wo es sich lediglich um ein saprophytisches Auftreten der Paratyphusbazillen im Darm handelte, ist das weiter nicht merkwürdig, anders dagegen liegt die Sache bei den Fällen, wo das Bakterium in den Kreislauf eingedrungen war, den Organismus also infiziert haben mußte. Es ist nun freilich hinlänglich bekannt, daß auch der Typhusbazillus gar nicht selten eine Infektion hervorzurufen imstande ist, welche ohne irgend welche ernstere Erscheinungen verläuft, meist aber sich doch als leichtes Unwohlsein kundzugeben pflegt. In diesen Fällen handelt es sich aber in der Regel um einen Angriff der Mikroben auf den ungeschwächten Organismus, während es bei unseren Kranken doch Individuen betraf, welche durch den kaum überstandenen Typhus noch mehr oder weniger in Mitleidenschaft gezogen waren. Entweder könnte man annehmen, daß die während des Typhus gebildeten Antikörper den Organismus gegen die neuen, artverschiedenen Mikroben bis zu einem gewissen Grade wenigstens zu schützen imstande sind, oder, was mir näher zu liegen scheint, diesen merkwürdigen Befund als weiteren Beweis dafür ansehen, daß Typhus- und Paratyphusbazillen nicht als gleichwertige Infektionserreger anzusehen sind. Es ist ja allgemein bekannt, daß die bakteriologisch als Paratyphus diagnostizierten Erkrankungen in der überwiegenden Mehrzahl einen

leichteren Verlauf als echte Typhen zu nehmen pflegen. Ferner ist durch die Untersuchungen zahlreicher Autoren festgestellt worden, daß der Paratyphusbazillus im Gegensatz zum Eberthschen Stäbchen als Angehöriger der Hogcholeragruppe zu betrachten ist, und in letzter Zeit noch haben E. Levy und Fornet[1]) über sieben Fälle von Nahrungsmittelvergiftung berichtet, von denen, trotz gleichzeitiger Infektion mit Paratyphusbazillen, nur ein Teil an klinischem Abdominaltyphus, der andere dagegen an Gastroenteritis erkrankt war. Professor Forster[2]) ist auf Grund früherer Erfahrungen und seiner im Verein mit Kayser ausgeführten Untersuchungen der Ansicht, daß der Typhus und manche Paratyphusfälle durch eine primäre Lymph- und Blutinfektion entstehen, die Paratyphusbazillen aber unter gewissen Umständen auch zu richtigen Darmwucherern werden können, die dann akute Magendarmerscheinungen hervorrufen, wie es ähnlich auch bei der Cholera der Fall ist. Fügen wir nun im Hinblick auf unsere Fälle noch hinzu, daß der Paratyphusbazillus imstande ist, sowohl vorübergehend im Darm ganz gesunder Individuen aufzutreten, als auch Typhusrekonvaleszenten zu infizieren, ohne indes klinisch nachweisbare Erscheinungen hervorzurufen, so scheint mir das eine weitere Stütze für die Annahme zu sein, daß den Paratyphusbazillen als Infektionserregern nicht die gleiche Bedeutung wie den Typhusbazillen zukommt. Trotzdem wäre es durchaus nicht ratsam, die Paratyphuskranken bei der Typhusbekämpfung nicht mehr zu berücksichtigen, da auch die Schottmüllerschen Mikroorganismen unter gewissen, noch nicht ergründeten Umständen das Typhuskrankheitsbild, mitunter selbst mit letalem Ausgange, hervorzurufen vermögen und gar nicht selten zu umfangreichen Epidemien Veranlassung gegeben haben.

Ich möchte meine Mitteilung nicht abschließen, ohne noch einmal auf die hervorragende Brauchbarkeit des Malachitgrünverfahrens hingewiesen zu haben, welches nach den Untersuchungen von Klinger[3]) und den in der Anstalt fortdauernd gemachten Erfahrungen die anderen Methoden erheblich übertrifft. Nach Klingers Angabe wird das aus 2 l Leitungswasser, 80 g Agar, 20 g Pepton sicc. Witte, 20 g Liebigs Fleischextrakt und 10 g Kochsalz hergestellte Nährsubstrat mit 1 % Normalnatronlauge unter dem Phenolphtaleïnneutralpunkte und 0,55 % einer 0,5 %igen alkoholischen Malachitgrünlösung (Malachitgrünkristalle rein) versetzt. Die mit Fäces beschickten Platten werden dann nach 24stündigem Wachstum bei 37 ° C. mit ca. 10 ccm physiologischer Kochsalzlösung abgeschwemmt und in 1—2 Ösen davon auf zwei Endoplatten ausgestrichen. Die mit diesem Verfahren gewonnenen Resultate waren so zufriedenstellend, daß im Einverständnis mit den Herren Professoren Forster und E. Levy das Malachitgrünagar bei allen hiesigen Fäcesuntersuchungen zur Anwendung gelangt.

Straßburg i. Els. im Juli 1906.

---

1) E. Levy und Fornet, Zentralbl. f. Bakt. Bd. 41, 1906.
2) Forster und Kayser, Münchener med. Wochenschr. 1905, Nr. 31.
3) Klinger, Inaug.-Diss. Straßburg 1904.

Blasenkatarrh bei leichtem Unterleibstyphus.

Von

Dr. G. Neumann,

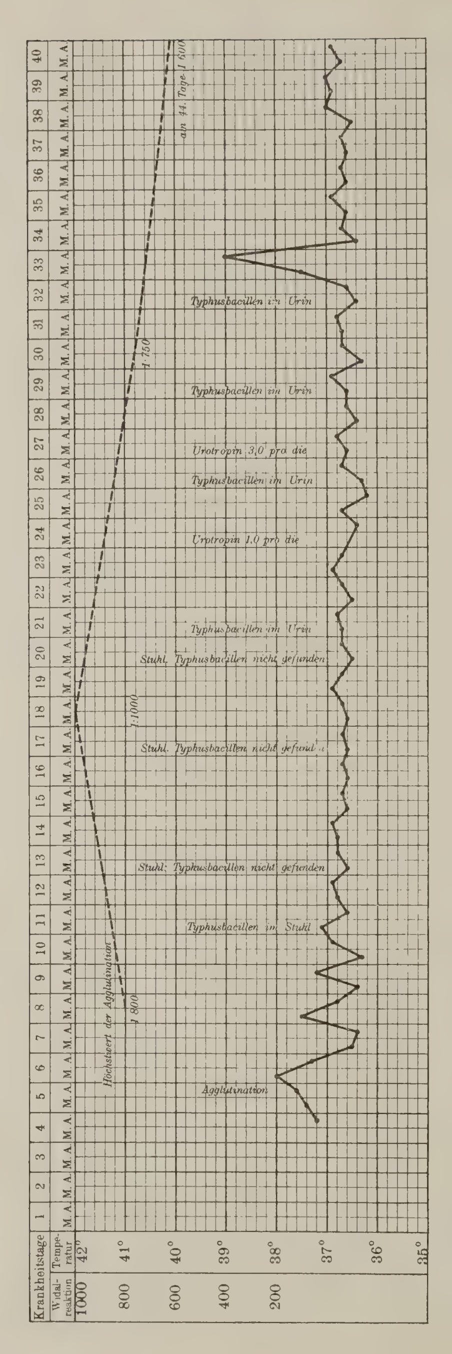
Stabsarzt beim Inf.-Reg. 83, früher Leiter der bakteriologischen Untersuchungsstation für Typhusbekämpfung in Diedenhofen (Lothringen).

Nachstehend berichte ich über einen Fall von Typhus, der wegen seines klinischen Verlaufes und seines besonderen epidemiologischen Interesses über den engen Kreis der zunächst beteiligten Beobachter hinaus bekannt zu werden verdient und gleichzeitig eine Ergänzung zu den bisher veröffentlichten Beobachtungen über Blaseneiterung bei Typhus bildet.

Die Erkrankung betrifft einen 17jährigen italienischen Arbeiter M., der seit etwa einem Jahre in einem kleinen Industrieorte Lothringens ansässig war. In dieser Zeit wohnte er die letzten 7 Monate in demselben Quartier, einer Herberge, die er mit zehn Kameraden, meist Kostgängern einer Familie, teilte, selbst beschäftigt als Flaschenspüler bei seinem Kostwirt, der sich mit Flaschenbierhandel einen billigen Nebenerwerb sicherte. Den elf Leuten standen zwei wenig geräumige Zimmer mit sieben Betten zur Verfügung. Für die Höchstzahl von 14 Kostgängern eingerichtet, waren die Betten durchweg als Lagerstatt für je zwei der jungen Leute bestimmt, die z. T. gemeinsam die Nächte, je nach Einteilung ihres Dienstes im Hüttenbetrieb, auch abwechselnd Tag und Nacht darin zubrachten.

M. will zwei Jahre vor seiner jetzigen Erkrankung Typhus gehabt haben, er war damals nach seiner Beschreibung 112 Tage krank und wurde in seinem Elternhause in einem Dorfe Oberitaliens ärztlich behandelt. Die Natur dieses Leidens mit Sicherheit festzustellen, war nicht möglich, die Kenntnis des Kranken, daß es Typhus gewesen sei, ist vielsagend, jedenfalls läßt die Dauer der Erkrankung berechtigte Zweifel an der echten Typhusnatur nicht zu.

Kurz hintereinander wurden aus der beschriebenen Herberge zwei Kranke dem Bürgerspital zu Diedenhofen überwiesen, bei denen schwere Typhusfälle sich entwickelten, als dritter ging M. am 10. I. 05 dem Hospital wegen Typhusverdacht zu. Diese Krankheitsbezeichnung gründete sich bei Klagen über Kopfschmerzen und Mattigkeitsgefühl, das die Arbeit seit etwa 3 Tagen erschwere, lediglich auf die Tatsache, daß bei den beiden Kameraden des M. inswischen Typhus bakteriologisch nachgewiesen war; eine Steigerung der Körperwärme wurde am Tage der Krankmeldung



nicht festgestellt. Den weiteren Krankheitsverlauf mag die Fieberkurve veranschaulichen:

Am 3. Tage des Spitalaufenthaltes, dem 6. seit dem Beginn der krankhaften subjektiven Störungen, wird eine Erhöhung der Körperwärme auf 38,0 ⁰ beobachtet, welcher in den beiden nächsten Tagen abendliche Steigerungen auf 37,5 ⁰ und 37,2 ⁰ folgen, Erhebungen im Vergleich zu der nachher ständig unter 37,0 ⁰ bleibenden Körperwärme. Am 33. Krankheitstage ist die Regelmäßigkeit der Kurve wieder von einer Spitze unterbrochen, die bei gleichzeitigen Klagen über starke Kopfschmerzen eine einmalige abendliche Steigerung auf 39,0 ⁰ darstellt.

Eine am 8. Krankheitstage entnommene Blutprobe ergab positive Widalsche Reaktion für Typhusbazillen bei einer Serumverdünnung von 1:800 (nach 2 Stunden im Brütschrank), der Befund bestätigt also den Typhusverdacht, am 11. Krankheitstage wurden Typhusbazillen aus einer Stuhlprobe gezüchtet. Während weitere Stuhlproben am 13., 17. und 20. Tage Typhusbazillen nicht aufwiesen, fanden sich am 21. Tage solche im Urin. Der Urin wurde an diesem Tage zum ersten Mal der Station zur Untersuchung überwiesen, er war getrübt, von saurer Reaktion, sein Filtrat enthielt Spuren von Eiweiß (Kochprobe), beim Stehen schied sich ein dicker weißer Bodensatz ab, der mikroskopisch fast ausschließlich aus Eiterzellen neben vereinzelten Blasenepithelien bestand. Dieser Zustand machte dem Kranken nach seiner Angabe keinerlei Beschwerden, auch konnte er sich nicht entsinnen, Schmerzen in der Blasengegend, Brennen beim Harnlassen u. dergl.

an sich bemerkt zu haben, sodaß es sich leider nicht mit Sicherheit hat feststellen lassen, wie lange schon der gleiche Befund bestanden hat.

Die Menge des ausgeschiedenen Eiters nahm gegen Ende der Beobachtung allmählich ab, Nierenepithelien, Zylinder wurden bei häufigen mikroskopischen Untersuchungen nie gefunden. Die Darreichung von Urotropin (vom 24. Tage an 1,0 pro die, vom 27. Tage an 3,0 pro die in Verbindung mit Salzsäure) hat einen erkennbaren Einfluß nicht gehabt, denn am 48. Krankheitstage noch wurden dieselben im Urin festgestellt. Schätzungsweise war immer $^1/_4$ der Platten bei Oberflächenausstrich mit Typhuskolonien bewachsen.

Die Widalsche Reaktion ist von dem anfänglichen Wert von 1 : 800 auf 1 : 1000 am 18. Krankheitstage gestiegen, um von da an, anscheinend gleichmäßig, allmählich zu sinken, am 30. Tage wurde ihr Höchstwert in 1 : 750, am 44. Tage in 1 : 600 ermittelt; der Höchstwert der Agglutinationskraft des Blutserums ist durch die punktierte Linie in der Fieberkurve bezeichnet.

Die Steigerung der Körperwärme am 33. Krankeitstage hat eine sichere Erklärung nicht gefunden, eine anderweitige klinisch nachweisbare Organerkrankung hat nicht bestanden, ob etwa von einem versteckten Herde aus der Körper von neuem mit Typhusgift überschwemmt worden ist, muß eine Vermutung bleiben, die bakteriologischen Untersuchungen haben einen Aufschluß hierüber nicht gegeben.

Der aus dem Urin isolierte Stamm trägt alle Merkmale des echten Typhus, geprüft wurde die Beweglichkeit, Wachstum auf Gelatine, in Lackmusmolke, Neutralrotagar und in Traubenzuckerbouillon. Der Stamm wurde ebenso wie ein Vergleichsstamm von echtem Typhus von einem Immunserum bis zur Höhe von 1 : 10000 agglutiniert; $^1/_{10}$ Öse tötete Meerschweinchen, während 0,001 eines spezifischen Serums Meerschweinchen gegen eine Öse der Kultur schützte; die 10fache Dosis eines normalen Serums hatte diese Wirkung nicht.

Das Auftreten von Blaseneiterungen ist im Verlauf des Typhus verhältnismäßig selten beobachtet im Vergleich zu dem häufigen Vorkommnis, daß von Kranken und Rekonvaleszenten Typhuskeime mit dem Harn ausgeschieden werden. Immerhin sind Übergänge von den leichtesten bis zu den schwersten Formen solcher Eiterung beschrieben, gerade bei derartig leichten Typhusfällen sind jedoch einwandfreie Beobachtungen über das Auftreten von Urininfektion bisher nicht bekannt geworden [1]).

Im vorliegenden Falle hat sich, wie schon erwähnt, nicht genau feststellen lassen, wie lange der eitrige Prozeß schon in der Blase bestand, ob er etwa, unbemerkt von dem Kranken, schon seit der vor zwei Jahren überstandenen Erkrankung zurückgeblieben ist; ebenso wenig wird sich mit Sicherheit entscheiden lassen, ob der Typhuskeim hier ursprünglich die Eiterung hervorgerufen oder ob er zufällig in der krankhaft veränderten Blase günstige Entwicklungsbedingungen gefunden hat. Er ist auch im frisch entleerten Harn nicht in Reinkultur gefunden worden, wie es beim Befunde der Typhus-Bakteriurie sehr häufig der Fall zu sein pflegt.

---

[1]) Vgl. Neufeld: Typhus in Kolle-Wassermanns Handbuch der pathogenen Mikroorganismen Bd 2, Seite 255—256 und 295.

In enger Verbindung mit dieser Frage nach der Dauer des krankhaften Blasenprozesses steht die Frage, ob eine zweite Infektion mit Typhus vorliegt oder ob M. als chronischer Bazillenträger aufzufassen ist, der dann auch den Ausgangspunkt für die Erkrankungen der beiden Kameraden gebildet haben könnte. Bei letzterer Annahme müßte das klinische Krankheitsbild als leichter Rückfall der schweren, zwei Jahre vorher überstandenen Erkrankung gedeutet werden. Der vollkommen beschwerdefreie Verlauf des Blasenleidens läßt die Annahme eines langen Bestehens recht verlockend erscheinen, andererseits liegt die Möglichkeit der Kontaktübertragung von dem erst erkrankten Schlafgenossen so außerordentlich nahe, daß die Annahme einer erneuten Aufnahme des Typhuskeimes von außen die wahrscheinlichere ist. Für dieselbe spricht der einmalige Befund von Typhusbazillen im Darminhalt am 11. Krankheitstage, während die Bazillen sich nachher nicht wieder haben im Stuhl nachweisen lassen. Das gleiche Verhalten wird bei der größten Zahl von Fällen festgestellt, bei welchen die bakteriologischen Stuhluntersuchungen lediglich aus praktischen epidemiologischen Gründen ausgeführt werden.

Sodann spricht die Höhe der Widalschen Reaktion für eine erneute Infektion von außen; das Emporschnellen der Agglutinationskurve gleicht vollkommen dem Tierexperiment[1]) und Shigas[2]) Beobachtungen an sich selbst bei Injektion von Typhusimpfstoff. Da durch die erste Untersuchung bereits ein hoher Stand der Agglutinationskurve erwiesen wurde, also ein Vergleich mit früheren, niederen Werten nicht möglich war, so ist ein zwingender Beweis hiermit allerdings auch nicht zu erbringen. Bei chronischen Bazillenträgern jedenfalls beobachtete Lentz[3]), in einem selbst beobachteten Falle konnte ich dies bestätigen, nur eine mäßige Agglutinationskraft des Blutserums, die selten in der Verdünnung 1 : 50 oder 1 : 100 nachweisbar war, meist nur bei Verdünnung 1 : 20 eintrat, d. h. in einem Verdünnungsgrade, wie er auch bei Rekonvaleszenten gefunden wird, die nicht als Bazillenträger erwiesen sind.

Der weiteren Beobachtung hat sich M., ungeduldig ob des langen Krankenhausaufenthalts, eines Tages entzogen, um sich zunächst wieder an seinen früheren Aufenthaltsort zu begeben; hier gezwungen, seine Tätigkeit als Bierflaschenspüler aufzugeben und eine Beschäftigung im Hüttenbetriebe zu übernehmen, wurde er auch sehr bald der Überwachung durch den Desinfektor überdrüssig und wandte sich darum in nahegelegenes ausländisches Gebiet.

Die allgemeine Bedeutung dieses Falles für die Wichtigkeit bakteriologischer Untersuchungen zur Aufklärung solch leichter Erkrankungen liegt auf der Hand. Ferner liefert er ein gutes Beispiel für die Wichtigkeit der Urinuntersuchungen auch in den leichtesten Fällen. Daneben halte ich den Hinweis nicht für überflüssig, daß auf gleichartige Erkrankungen überall dort zu achten ist, wo etwa aktive Immunisierungsversuche gegen Typhus vorgenommen worden sind. Daß diese nachfolgende Erkrankungen nicht vollkommen zu verhindern imstande sind, ist bekannt[4]), viel leichter wird sich unter

---

[1]) O. Lentz, Immunität bei Typhus. Kolle-Wassermanns Handb. Bd. 4. S. 873.
[2]) Dasselbe.
[3]) O. Lentz, Über chronische Bazillenträger. Klin. Jahrbuch Bd. XIV. Heft 5.
[4]) Vgl. Lentz, Immunität bei Typhus, Kolle-Wassermanns Handb. Bd. 4. S. 883.

den Geimpften gelegentlich ein solch leicht Affizierter befinden können, der geeignet ist, das Krankheitsgift weiter zu verbreiten.

Nachtrag.

Meine Beobachtung bildet eine natürliche Ergänzung zu den Erfahrungen, welche mit der Typhusschutzimpfung bei der Schutztruppe in Südwestafrika und bei Eingeborenen des Schutzgebietes gemacht worden sind und nach der Fertigstellung dieses Berichtes bekannt wurden[1]. Natürliche wie künstliche Immunisierung bedingten in der Regel einen sehr leichten Verlauf der Impfreaktion; gleichzeitig enthält der beschriebene Fall die Mahnung, trotz Schutzimpfung im Vertrauen auf Immunität die sonstigen Maßnahmen der Prophylaxe nicht zu vernachlässigen.

[1] Veröffentlichungen aus dem Gebiet des Militärsanitätswesens Heft 28. Kutscher, Abdominaltyphus im Ergänzungsband zu Kolle-Wassermanns Handbuch.

Aus der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg i. Els.
Oberleiter: Prof. Dr. Forster. — Leiter: Prof. Dr. E. Levy.

Die Untersuchungen der Straßburger bakteriologischen Anstalt für Typhusbekämpfung in der Zeit vom 1. Oktober 1903 bis 30. September 1905.

Von
Oberarzt **Dr. Klinger,**
früher kommandiert zur Anstalt.

Obwohl sich das Arbeitsgebiet der Anstalt infolge der Abtrennung dreier Kreise des Unter-Elsaß im Laufe der zwei Jahre verkleinert hat, ist die Zahl der Untersuchungen fast von Monat zu Monat gestiegen. Sie betrug im Oktober 1903 179 und erreichte im September 1905 die Höhe von 880. Bei weitem das meiste Material wurde von der Anstalt selbst auf Grund ihrer örtlichen Erhebungen eingefordert; daneben gab das Zusammenarbeiten mit der Straßburger medizinischen Klinik und Kinderklinik reichliche Gelegenheit zu Untersuchungen, während begreiflicherweise die von praktischen Ärzten zu diagnostischen Zwecken eingehenden Proben den geringsten Prozentsatz bilden.

Insgesamt wurden in den zwei Jahren 10778 mit Typhus oder Paratyphus im Zusammenhange stehende bakteriologische Untersuchungen vorgenommen und zwar entfielen auf

Stuhl	5110
Urin	3539
Serumreaktionen	1431
Venenblut	324
Wasser (meist Keimzahl)	240
Anderweitiges Material (Leichenteile, Galle usw.)	134

Zur Stuhl- und Harnuntersuchung wurde im Anfang lediglich der v. Drigalski-Conradische Lackmusagar benutzt. Später (Januar 1904) kam daneben der Endosche Fuchsinagar zur Verwendung, zunächst nur vereinzelt, seit dem 1. August 1904 aber regelmäßig derart, daß von jeder Fäcesprobe Parallelserien mit beiden Nährböden angelegt wurden. Bei den 3214 vergleichenden Untersuchungen konnten Typhusbazillen auf den v. Drigalski-Conradischen Platten 267 Mal, auf den Endoschen 341 Mal

nachgewiesen werden, auf 100 positive Resultate des Lackmusagars kamen also 128 Bazillenfunde auf dem Fuchsinagar. Da sich der Endosche Nährboden außerdem noch durch die Vorzüge einer leichteren Herstellbarkeit und bedeutend größeren Billigkeit gegenüber dem v. Drigalski-Conradischen empfiehlt, so benutzt ihn die Anstalt seit Anfang August 1905 ausschließlich für die Isolierung der Typhusbazillen aus Bakteriengemischen. Sie kombiniert damit das Malachitgrünanreicherungsverfahren nach Lentz und Tietz. Dieses Verfahren wurde vor seiner allgemeinen Einführung genau geprüft und ergab im Verhältnis zu dem einfachen Plattenausstrich recht gute Resultate, wenn auf die Reaktion des Agars geachtet und diese etwa 1 % Normalnatronlauge unter dem Phenolphtaleinneutralpunkte eingestellt wurde.

Die Agglutinationsprobe wurde stets mit 15- bis 20stündigen Agarkulturen von Typhus- und Paratyphusbazillen (beider Typen) im Reagensgläschen angesetzt und als positiv bezeichnet, wenn sich nach dreistündigem Aufenthalte der Röhrchen bei 37° in der Serumverdünnung von $^1/_{100}$ makroskopisch oder mikroskopisch eine deutliche Häufchenbildung nachweisen ließ.

Für die Blutuntersuchungen kam anfangs gewöhnliche Bouillon, später das Rollysche und das modifizierte Conradische Verfahren fast ausschließlich zur Verwendung.

Mit Hilfe dieser Methoden konnten die Typhus- bezw. Paratyphusbazillen im

Stuhle	579	Mal, d. i. in	11,3 %
Urine	104	„ „ „ „	2,9 „
Venenblute	99	„ „ „ „	30,6 „
anderweitigen Material .	39	„ „ „ „	29,1 „

nachgewiesen werden, während die Serumreaktion in 587 Fällen oder 41 % positiv ausfiel. Im ganzen sind also 1408 positive Untersuchungen (13,1 %) zu verzeichnen.

Dieser geringe Prozentsatz erklärt sich ohne weiteres aus dem Umstande, daß bei weitem das meiste Material auf Nichttyphen entfiel. So stammten 4111 Proben von 1800 Gesunden, 1372 von 651 nur verdächtigen Personen, deren Leiden sich später als andersartig erwies, und 262 von 162 zweifelhaften Fällen, in denen die Diagnose nicht gesichert werden konnte oder deren weiterer klinischer Verlauf der Anstalt unbekannt blieb (Fälle aus dem Ober-Elsaß).

Dagegen wurden von 782 typhus- und paratyphuskranken Personen während der Fieberperiode untersucht

Stuhl	768	Mal, davon mit positiv. Ergebnis	252 =	32,8 %
Urin	392	„ „ „ „ „	39 =	9,9 „
Serum nach Gruber-Widal	758	„ „ „ „ „	561 =	74 „
Venenblut auf Bazillengehalt	242	„ „ „ „ „	98 =	40,5 „

Hierdurch konnte die Diagnose bei 634 Kranken, d. i. in 81,1 % gestellt bezw. gesichert werden, und zwar lieferte das erste positive Resultat

die Serumreaktion	468	Mal
die Stuhluntersuchung . . .	128	„
die Blutuntersuchung . . .	22	„
Stuhl- und Urinuntersuchung	9	„
die Urinuntersuchung . . .	7	„

Die bakteriologischen Hilfsmittel versagten

bei einmaliger Stuhluntersuchung	43	Mal
,, ,, Stuhl- und Urinuntersuchung	36	,,
,, ,, Serumreaktion	15	,,
,, ,, Serumreaktion und Stuhluntersuchung	13	,,
,, ,, Serumreaktion, Stuhl- und Urinuntersuchung	8	,,

während die übrigen 33 Fälle öfter mit negativem Ergebnisse untersucht wurden.

Noch besser wird die folgende Zusammenstellung den Wert der verschiedenen Materialproben für die bakteriologische Diagnostik des Typhus erläutern.

Es wurden eingesandt:

Blut zur Serumreaktion von 605 Typhuskranken,

davon waren positiv

im ganzen	494	Proben	= 81,7 %
gleich bei der ersten Untersuchung	454	,,	= 75 ,,

Blut zur Züchtung von 187 Typhuskranken,

davon waren positiv

im ganzen	90	Proben	= 48 %
gleich bei der ersten Untersuchung	82	,,	= 43,8 ,,

Stuhl von 539 Typhuskranken,

davon waren positiv

im ganzen	205	Proben	= 38 %
gleich bei der ersten Untersuchung	178	,,	= 33 ,,

Urin von 292 Typhuskranken,

davon waren positiv

im ganzen	29	Proben	= 9,9 %
gleich bei der ersten Untersuchung	22	,,	= 7,5 ,,

Aus diesen drei, von den verschiedensten Gesichtspunkten aufgestellten Übersichten ergibt sich ohne weiteres die große Überlegenheit der Gruber-Widalschen Reaktion über alle anderen Methoden. Nehmen wir als praktisch am wichtigsten nur die positiven Befunde der ersten Untersuchungen, so verhält sich die Wahrscheinlichkeit, mit Hilfe der Serumreaktion, der Blut-, Stuhl- oder Urinuntersuchung die bakteriologische Diagnose bei einem typhuskranken Menschen zu stellen, wie 1 : 0,6 : 0,44 : 0,1. Die Agglutinationsprobe ist also, ganz abgesehen davon, daß sie am schnellsten arbeitet, als das vorzüglichste Rüstzeug zu bezeichnen, das wir zurzeit für die bakteriologische Feststellung des Typhus in den Händen haben, und sollte in jedem verdächtigen Falle unverzüglich zur Anwendung kommen, zumal sie in neuerer Zeit durch das Fickersche Diagnostikum auch dem praktischen Arzte zugänglich gemacht worden ist. Ihr positiver Ausfall bei gleichzeitigen verdächtigen klinischen Symptomen und dem Ausschluß einer voraufgegangenen spezifischen Erkrankung rechtfertigte fast ausnahmslos die Annahme eines typhösen Leidens. Nur drei Mal führte sie uns irre.

Der Gruber-Widalschen Reaktion kam die allerdings fast ausschließlich in Kliniken ausführbare Blutuntersuchung am nächsten. Sie gestattete das Auffinden der Bazillen nahezu bei jedem zweiten Kranken.

Dagegen konnten wir bei Stuhlproben nur in jedem dritten, bei Urinproben erst in jedem dreizehnten Falle auf ein positives Ergebnis rechnen.

Die Kot- und Harnuntersuchungen leisteten also verhältnismäßig am wenigsten. Obwohl sie trotzdem stets ein wichtiges Hilfsmittel auch zur Diagnosenstellung bleiben werden, liegt ihr Hauptwert doch darin, im prophylaktischen Interesse die Infektiosität genesender oder gesunder Personen festzustellen. Daß diese gar nicht so selten die Krankheitskeime mit Stuhl und Urin in die Außenwelt absetzen, ist eine Erfahrung, die an sämtlichen Typhusuntersuchungsanstalten fast täglich erhärtet wird. An der Straßburger Station wurden in den zwei Jahren 604 Personen, meist drei Mal in Abständen von fünf bis acht Tagen, während der Rekonvaleszenz untersucht. Von diesen schieden 70 oder 11,6 % die Bazillen mit dem Kote und 10 oder 1,7 % mit dem Urine aus, und zwar war gleich die erste Stuhluntersuchung bei 49, die zweite bei 18 und die dritte bei drei Personen positiv, während dementsprechend die Keime im Urine das erste Mal bei sechs, das zweite Mal bei drei und das dritte Mal bei einer Person aufgefunden wurden. Aus dem Harne waren sie ausnahmslos mit Hilfe des Urotropins zu entfernen, während die Versuche ihrer Beseitigung aus dem Darmtraktus bis jetzt sämtlich fehlschlugen. In den meisten Fällen verschwanden sie nach mehreren Wochen von selbst, sechs oder 1,0 % der untersuchten Rekonvaleszenten entwickelten sich jedoch zu chronischen Bazillenträgern, von denen der am längsten beobachtete die Typhusbazillen seit 1½ Jahren ausscheidet.

Dieser verhältnismäßig hohe Prozentsatz allein rechtfertigt die große Zahl von Untersuchungen, die an gesunden Personen aus der Umgebung Typhuskranker in der Absicht vorgenommen wurden, die unaufgeklärte Ansteckung zu klären und die Quelle für weitere Infektionen zu verstopfen. Tatsächlich erwiesen sich auch unter den 1800 körperlich gesunden Individuen, deren Stuhl und Harn in den zwei Jahren untersucht wurden, 27 oder 1,5 % teils als chronische, teils als vorübergehende (akute) Typhusbazillenträger.

Auf die zahlreichen und interessanten Einzelbeobachtungen, die bei der Fülle des Materials naturgemäß gemacht werden konnten, und insbesondere auf die (21) Paratyphuserkrankungen gehe ich nicht näher ein, da sie zur Hauptsache, d. h. was die in der medizinischen Klinik behandelten Fälle betrifft, bereits von anderer Seite[1]) bearbeitet worden sind.

---

[1]) Dr. Brion und Dr. H. Kauper, Deutsches Archiv für klinische Medizin 1905/06.

Aus dem hygienischen Institut und der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg i. Els.

Beitrag zur Agglutinationstechnik.

Von

Dr. Walter Gaehtgens,
Assistent an der Anstalt.

Die große Bedeutung, welche die Gruber-Widalsche Reaktion als wichtiges Symptom für die Diagnostizierung des Typhus abdominalis gewonnen hat, brachte es mit sich, daß von zahlreichen Seiten Vorschläge zur Vereinfachung und Verbesserung des Verfahrens gemacht wurden. Ohne mich mit den Einzelheiten der verschiedenen Methoden, welche noch in letzter Zeit von Lion[1]) und Kafka[2]) eingehend beschrieben worden sind, näher zu befassen, möchte ich gleich auf die Beobachtungsdauer übergehen, über welche sich in der Literatur sehr differente Angaben finden. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß bei mikroskopischer Untersuchung eine Beobachtungsdauer bis zu 2 Stunden, bei makroskopischer, welch letzterer von den meisten Autoren mit Recht der Vorzug erteilt wird, bis zu 24 Stunden gefordert wird.

Obgleich es in der überwiegenden Mehrzahl für die Behandlung bei typhusverdächtigen Erkrankungen ohne Belang sein wird, ob die Sicherung der Diagnose durch die Agglutination einige Stunden früher oder später erfolgt, so ist in vereinzelten Fällen eine möglichst schnelle Ausführung der Reaktion doch zweifellos sehr erwünscht, z. B. aus differentialdiagnostischen Gründen, ferner um die frühzeitige Überführung des Patienten in ein Krankenhaus und die Schlußdesinfektion der Krankenstube anordnen zu können usw. Durch ein einfaches Verfahren, dessen Grundzüge bereits kurz von mir[3]) beschrieben worden sind, läßt sich die Beobachtungsdauer in dem Grade einschränken, daß man schon nach 10 Minuten sicheren Aufschluß über die Eigenschaften des Serums erhält.

An dem Agglutinationsvorgange lassen sich bekanntlich zwei getrennte Phasen unterscheiden, deren erste in der Fixierung des Agglutinins an der agglutinablen Substanz der Mikroben besteht, während in der zweiten die Vereinigung der mit

---

[1]) Lion, Münchener medizinische Wochenschrift 1904, Nr. 21.
[2]) Kafka, Zentralblatt für Bakteriologie Bd. 40, 1905.
[3]) Gaehtgens, Münchener medizinische Wochenschrift 1906.

Agglutinin beladenen Bakterien zu Flocken erfolgt. Die augenblicklich oder wenigstens in kürzester Zeit erfolgende Bindung der beiden reagierenden Körper vorausgesetzt, ließ sich annehmen, daß sich das Stadium der Häufchenbildung auf mechanischem Wege, z. B. durch Zentrifugieren, erheblich beschleunigen lassen mußte, indem die Bakterien durch die dauernd in einer Richtung erfolgende Schleuderbewegung zunächst zu kleinsten, nur aus wenigen Individuen bestehenden Häufchen und diese dann wieder zu größeren Konglomeraten vereinigt werden. Diese Vermutung bestätigte sich in vollkommenstem Maße bei einer mit stark verdünntem Typhusimmunserum und in der Folge mit über 100 Patientenseris gemachten Untersuchungen, welche in folgender Weise ausgeführt wurden.

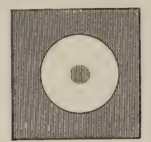
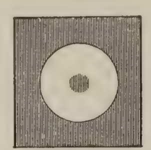
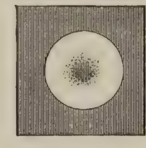
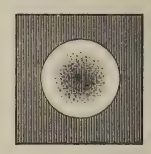
Die zum Zentrifugieren bestimmten Röhrchen wurden mit 0,1 ccm des zehnfach verdünnten Patientenserums, 0,7 ccm physiologischer (0,85 %) Kochsalzlösung und 0,2 ccm Typhus- resp. Paratyphusbakterienaufschwemmung beschickt, während ein zweites Gläschen zur Kontrolle mit 0,8 ccm Kochsalzlösung und 0,2 ccm Bazillenaufschwemmung gefüllt wurde. Beide wurden nach sorgfältiger Mischung 10 Minuten zentrifugiert und gelangten darauf zur Besichtigung. Mit weniger hohen Verdünnungen habe ich grundsätzlich niemals gearbeitet, da nach den neueren Erfahrungen das Serum noch in hundertfacher Verdünnung agglutinierende Eigenschaften besitzen muß, um für die Diagnose von maßgebender Bedeutung zu sein. Zum Vergleich wurden alle Sera von meinem Mitassistenten Herrn Dr. Fornet, dem ich an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche, in der bisher bei uns üblichen Weise untersucht, indem die Röhrchen 4—5 Stunden bei 37 ° C. und eventuell noch weitere 12 Stunden bei Zimmertemperatur gehalten und einhalb- bis einstündlich besichtigt wurden.

Die 10 Minuten lang zentrifugierten Röhrchen hatten bei positivem Ausfall der Reaktion ein äußerst charakteristisches Aussehen. In dem Kontrollröhrchen war die Hauptmasse der Bakterien gleichmäßig suspendiert geblieben und nur ein verschwindend geringer Teil ausgeschleudert worden, welcher sich am Grunde des Gläschens gesammelt hatte und bei Betrachtung von unten als scharf umschriebener, ca. 2 mm im Durchmesser fassender Bodensatz sichtbar war. Bei drei- bis viermaligem Schütteln löste sich diese Masse vollständig auf, sodaß im hängenden Tropfen Zusammenhäufungen von Bakterien nicht nachweisbar waren.

Auch in dem Serumröhrchen war ein Teil der Bakterien in Suspension geblieben, während sich eine geringere Menge derselben am Grunde des Gefäßes angesammelt hatte. Um diesen Bodensatz als Zentrum hatten sich aber in äußerst charakteristischer Weise die zu Flocken vereinigten Bakterien sedimentiert. Entsprechend der Agglutininmenge des Serums waren diese Niederschläge das eine Mal als punktförmige Häufchen sichtbar, das andere Mal bildeten sie eine zusammenhängende Masse, deren Umfang den Bodensatz des Kontrollröhrchens um das Zwei- bis Dreifache übertraf. Nach drei- bis viermaligem Schütteln blieben in der Mehrzahl der Fälle makroskopisch deutlich sichtbare Flocken in dem Gläschen zurück. Nur wenn es sich um ein geringwertiges Serum handelte, welches bei ruhigem Stehen die Bazillen z. B. erst nach 5 Stunden agglutinierte, verschwanden die Flocken nach dem Schütteln und ließen sich erst mikroskopisch wieder nachweisen.

Um das Schütteln gleichmäßig auszuführen, wurden Serum- und Kontrollröhrchen zwischen Daumen und Zeigefinger einer Hand genommen und mäßig stark geschüttelt, bis der Bodensatz gänzlich oder wenigstens zum größten Teil verschwunden war. Durch diese durchaus gleichmäßige Behandlung wird der Vergleich beider Röhrchen nach dem Schütteln berechtigt und somit der mögliche Einwand hinfällig, daß nur durch verschieden starke Bewegung eine Täuschung hervorgerufen wird.

Zur Veranschaulichung des Gesagten diene die beistehende Skizze, welche Serum- und Kontrollröhrchen nach dem Zentrifugieren von unten betrachtet darstellt.

Wie schon erwähnt, lassen sich bei einem Serum, welches nur geringe Mengen von Agglutininen besitzt, die Flocken nach dem Schütteln zuweilen nicht mehr nachweisen. In diesem Falle ist die mikroskopische Beobachtung am Platze, welche ich überhaupt in keinem Falle unterlassen habe, schon allein aus dem Grunde, um die einwandfreie Beschaffenheit der Kontrolle zu prüfen. Die Güte der Kontrolle, welche im allgemeinen nur isolierte, frei bewegliche, höchstens hier und da zu zwei oder drei aneinander hängende Bakterien aufweisen darf, hängt natürlich von der Bakterienaufschwemmung ab. Mir hat bei allen meinen Untersuchungen eine Aufschwemmung vollkommen genügt, welche durch sorgfältiges Verreiben einer 24stündigen Agarkultur in ca. 5 ccm physiologischer Kochsalzlösung gewonnen und durch 10—15 Minuten langes ruhiges Stehen oder 4—5 Minuten langes Zentrifugieren von etwaigen Bakterienkonglomeraten befreit worden war. In allen Fällen traf dieses für die Typhusbazillen zu, während die Paratyphusbazillen beider Typen auffälliger Weise öfter die Neigung zeigten, sich auch in Kochsalzlösung zu aus 4—6 Individuen bestehenden Häufchen zu vereinigen. Indes hat sich mir dieser Umstand niemals als wirklicher Mangel fühlbar gemacht, da ich in der oben beschriebenen makroskopischen Untersuchung und im Vergleiche der Größe der Häufchen beider Röhrchen bei der mikroskopischen Betrachtung hinreichende Handhaben hatte, um etwaige Irrtümer zu vermeiden.

Bei der mikroskopischen Untersuchung ist streng zu beachten, daß nur Häufchen, welche nach oberflächlicher Schätzung aus mindestens 10 Individuen bestehen, für den positiven Ausfall der Reaktion sprechen dürfen. Ferner muß in einem Tropfen immer eine größere Anzahl von solchen Häufchen nachweisbar sein, deren Menge natürlich auch von der Agglutinationskraft des Serums abhängt. Die Größe und die Zahl der Häufchen im hängenden Tropfen steigt mit dem Titer des Serums, sodaß also auch die mikroskopische Betrachtung, ebenso wie schon oben erwähnt die makroskopische, einen gewissen Maßstab für den Grenzwert des Serums gibt. Beobachtet man bei der mikroskopischen Untersuchung diese zwei Regeln und prüft zum Vergleiche in zweifelhaften Fällen sorgfältig die Kontrolle, so wird man Fehlern leicht entgehen können.

Was nun die Dauer des Zentrifugierens anbetrifft, so kam ich auf Grund vergleichender Untersuchungen zu dem Resultate, daß ein Zeitraum von 10 Minuten als das Optimum anzusehen ist. Bei hoch agglutinierenden Seris erhält man das charakteristische Bild zwar schon nach kürzerem, z. B. 5—7 Minuten langem Zentrifugieren völlig ausgesprochen, bei geringwertigen hingegen traf das öfter nicht zu. Andererseits erweist sich eine Verlängerung über 10 Minuten nicht in dem Grade vorteilhaft, als es dem Mehrverbrauch an Zeit, der ja nach Möglichkeit vermieden werden soll, entprechen müßte. Im Gegenteil kann zu langes Zentrifugieren durch schwache Häufchenbildung direkt zu Trugschlüssen Veranlassung geben, wenn es sich um sehr geringwertige Sera handelt, welche nach längerem Stehen bei 37 ° C die Bazillen nur in einer Verdünnung 1 : 50 mikroskopisch agglutinieren. Da aber nun die Agglutination bei diesem Verdünnungsgrade keine maßgebende Bedeutung haben darf, würde man durch das zu lange Zentrifugieren zu einem mindestens anfechtbaren Resultate gelangen. Diese Fehler lassen sich vermeiden, wenn man die Dauer des Zentrifugierens auf 10 Minuten beschränkt.

Ich habe dieses Verfahren, welches die Diagnose bereits nach 10 Minuten zu stellen ermöglicht, bei über 100 Agglutinationsproben angewandt und das jeweilige Resultat durch die nach unserer alten Methode ausgeführten Untersuchungen immer bestätigt gefunden. In ungefähr der Hälfte der Fälle ergab die Agglutination ein positives Resultat und war die zeitliche Differenz meist eine recht beträchtliche, indem in den bei 37 ° C gehaltenen Röhrchen oft erst nach Verlauf von 3—5 Stunden eine Häufchenbildung sichtbar wurde, wie es einzelne Beispiele zeigen mögen.

Name und Datum	10 Min. zentrifugiert	Bei 37 ° C	Zeitliche Differenz
E. W. 14. II. 06.	† T viele große Häufchen	Nach ½ Stunde: † T 1:100 (makr.)	20 Minuten
K. Q. 3. I. 06.	† T, † Pa. A, † Pa. B viele große Häufchen	Nach 1 Stunde † T 1:100, A 1:100, B 1:100 (makr.)	50 Minuten
X. J. 12. I. 06.	† T viele mittelgroße Häufchen	Nach 2 Stunden † T 1:100 (makr.)	1 Std. 50 Minuten
P. W. 28. XII. 05.	† T viele mittelgroße Häufchen	Nach 4 Stunden † T 1:100 (makr.)	3 Std. 50 Minuten
A. B. 18. I. 06.	† T mäßig viele mittelgroße Häufchen	Nach 6 Stunden † T 1:100 (makr.)	5 Std. 50 Minuten

Wie aus diesen Beispielen hervorgeht, ist unter Umständen die zeitliche Differenz nicht sehr groß, In der Mehrzahl meiner Untersuchungen habe ich aber einen recht bedeutenden Unterschied gefunden, was sich durch die einfache Tatsache erklärt,

daß das Blut meist in den ersten Krankheitstagen eingesandt wird, wo die gebildete Agglutininmenge noch nicht sehr beträchtlich ist.

In za. 50 weiteren Fällen handelte es sich um das Blut von typhusverdächtigen Personen, bei denen sich in der Folge der Typhus weder klinisch noch bakteriologisch bestätigen ließ. Bei allen diesen Untersuchungen ergab meine Methode ein negatives Resultat, indem sich durch das Zentrifugieren am Grunde des Gläschens ein scharf umschriebener Bodensatz gebildet hatte, welcher dem des Kontrollröhrchens durchaus glich und sich durch Schütteln ohne weiteres auflösen ließ. Da also das normale Serum ebensowenig wie die physiologische Kochsalzlösung die Bazillen beim Zentrifugieren zu Häufchen vereinigen kann, wird die Spezifität der Agglutination durch das Zentrifugieren nicht beeinträchtigt.

Die Zentrifugiermethode läßt sich natürlich auch zum quantitativen Arbeiten verwenden, obwohl ihr Hauptzweck eine Beschleunigung des qualitativen Ausfalles der Agglutinationsreaktion sein soll, der für den Kliniker als Bestätigung seiner Diagnose vornehmlich von Bedeutung ist.

Zum Schluß erlaube ich mir, den Herren Professoren Forster und Levy für das freundliche Interesse, welches sie meinen Untersuchungen entgegengebracht haben, meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Straßburg i. Els., Ende Mai 1906.

Aus der bakteriologischen Anstalt für Unterelsaß am Institut für Hygiene und Bakteriologie der Kaiser Wilhelms Universität Straßburg.

Über Untersuchungen bei Personen, die vor Jahren Typhus durchgemacht haben, und die Gefährlichkeit von „Bazillenträgern“.

Von

Dr. Heinrich Kayser,
früherem I. Assistenten des Instituts, jetzigem Oberarzt beim Inf.-Reg. Nr. 172, kommandiert zum Institut.

Seit nunmehr drei Jahren werden hier in der Ausübung von Typhusbekämpfungsarbeiten systematisch Stuhl- und Urinproben der Typhusrekonvaleszenten und Genesenen auf ihren Gehalt an Krankheitskeimen untersucht. Mit fortschreitender Erfahrung hat man die Zahl und zeitliche Ausdehnung dieser Prüfungen, welche sich jetzt gewöhnlich bis in die 3. Woche der Fieberfreiheit herein erstrecken, vergrößert. Anfangs begnügte sich die Anstalt mit einer „Schlußuntersuchung“, dann lehrten gelegentliche positive Spätbefunde zweimal in Pausen von mindestes acht Tagen Material einzufordern und heute sind drei Schlußuntersuchungen Regel geworden, ehe eine Person für „bazillenfrei“, „bakteriologisch genesen“ bezeichnet wird. Aber auch dabei sind noch Versehen möglich, d. h. es kam vor, daß man nach drei „negativen“ Befunden in der Rekonvaleszenz einen späteren Bazillenträger für „bakteriologisch genesen“ erklärt hat[1]).

Wir wissen zwar, daß weitaus der größte Teil, 93 %, der Rekonvaleszenten[2]) am 15. fieberfreien Tag keine Typhusbazillen mehr zur Entleerung bringt, und daß diese Personen fast alle selbst nach Wochen weiter „bazillenfrei“ befunden werden, aber wir kennen auch das Vorkommen der exquisit schubweisen Keimentleerung im Stuhl, bei welcher die Ausscheidung von Typhusstäbchen durch größere oder kleinere „bazillenfreie“ Pausen unterbrochen wird. Solche Schübe sind wohl dadurch zu erklären, daß nicht der Darm, sondern zumeist die Gallenblase als Brutstätte der Typhuskeime anzusehen ist[3]). Die Bazillen werden von da aus in wechselnder Folge bald lebend bis zum Darmende geschoben, bald gehen sie auf ihrem Wege früher oder später zugrunde.

---

[1]) Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 24. Heft 1. S. 179.
[2]) Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 85. 1906. S. 538.
[3]) Münch. Med. Woch. 1905. Nr. 31.

So haben wir, um einige frühe Beispiele zu nennen: 1. Anfangs 1904 ein 61 jähriges Frl. M. We. in H. beobachtet, welches im Februar und März 1904 Typhus durchmachte und im April noch Typhusbazillen mit dem Stuhl entleerte; während der ersten Hälfte des Mai fielen zwei Stuhluntersuchungen negativ aus. Als am 19. Mai abermals eine Probe untersucht wurde, enthielt diese Typhuskeime, und M. We. ist heute noch als „Dauerträgerin" dieser Keime in unserer regelmäßig wiederholten bakteriologischen Kontrolle. Der letzte Befund von Typhusbazillen im Stuhl wurde im Juni 1906 erhoben [1]).

Oder 2. Frl. R. 28j. aus Bi. überstand im April und Mai 1904 Typhus, hatte am 4. Mai (Rekonvaleszenz) noch Typhusbazillen im Stuhl, am 10. Mai und 8. Juni 1904 nicht, dagegen wieder am 15. Juni. Die nächste Untersuchung am 23. Juni 1904 fiel negativ aus. Dann wurde die Hergabe weiteren Materials verweigert. — Solche Erfahrungen von Schüben stehen bei uns nicht vereinzelt da, wenn sie auch, verglichen mit den großen Zahlen unseres Materials, aus dem sie gewonnen sind, für ziemlich seltene Beobachtungen erklärt werden müssen.

An anderer Stelle [2]) ist gelegentlich der ersten Erörterungen über die Notwendigkeit meiner heute darzustellenden Untersuchungen der Fall erwähnt, daß eine 31 jährige Frau W. ein halbes Jahr nach ihrem Typhus noch die Eberth-Gaffkyschen Bazillen in der Gallenblase barg und mit der Galle in den Dünndarm entleerte. Die Stuhlprüfungen waren, auch unter Anwendung der Malachitgrünanreicherung, am 6., 13. und 23. Tage der Rekonvaleszenz negativ ausgefallen. Frau W. galt als „bazillenfrei".

Die eben besprochenen Schübe kommen auch bei gesunden „Trägern" vor. Neuerlich verfügen wir über einen solchen, 68 jährig, den ich gelegentlich eines Typhusvorkommnisses in der psychiatrischen Klinik hier ermittelte. Nach drei positiven Stuhlbefunden im März und April 1906, fielen acht Untersuchungen, die sich über zwei Monate erstreckten, negativ aus, dann waren wieder 1 mal Typhusbazillen zu züchten, seit nunmehr vier Wochen gelang hierauf keiner der angestellten Kulturversuche.

Beobachtungen, wie ich sie eben mitteilte, rechtfertigen die Fragestellung, welche zu meinen heutigen Untersuchungen führte: ist eine bakteriologische **Spätkontrolle** abgelaufener Typhen nach Jahr und Tag im Interesse unserer Typhusbekämpfung notwendig oder wünschenswert? Ich ging, im Einverständnis mit Herrn Professor J. Forster und E. Levy, an die Lösung, indem ich Material von zwei Jahrgängen Typhen untersuchte, welche zwischen Sommer 1903 und Sommer 1905 hier in Straßburg vorgekommen waren; es handelte sich um 248 Fälle in der Zivilbevölkerung unserer Stadt.

Von den 248 Typhuskranken obiger Zeit sind 29 ihrer Infektion erlegen, 219 genesen, eine weitere Person starb später an einer anderen Krankheit, eine hat Selbstmord verübt, es kamen also noch 217 Personen in Betracht. Von diesen waren 114 = ca. 52 Prozent aus der Wohnung, welche sie zur Zeit des Typhus inne hatten, verzogen, und zwar hatten bestimmt 41 = fast 20 % die Stadt Straßburg

[1]) Anmerkung bei der Korrektur: Ferner Oktober und Dezember 1906.

[2]) Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. 24, S. 180 unten.

verlassen. Diese hohe Zahl ist zum Teil darauf zurückzuführen, daß die Erkrankten einen vagierenden Beruf ausübten — (7 Kanalschiffer aus Frankreich und Belgien u. a., ferner Musikanten, Dienstboten) —, überhaupt zum größten Teil den unteren Volksschichten angehörten. In Wirklichkeit dürfte die Prozentziffer sogar noch größer sein; denn, ohne den Apparat der Polizeibehörden in Tätigkeit zu setzen, vermochte ich bei 51 meiner 217 = ca. 23 % die Wohnung und den Aufenthaltsort zur Zeit meiner Erkundigungen (Ende 1905 Anfang 1906) gar nicht festzustellen. Innerhalb der Stadt Straßburg waren 22 = ca. 10 % umgezogen, aber durch Nachfrage auffindbar.

Von 101 Personen = fast 47 % der meines Wissens Überlebenden bekam ich Stuhl und Urinproben: 33 Männern, 47 Frauen, 21 Kindern. Das Material wurde vermittels der Malachitgrünanreicherung (Löffler-Lentz-Klinger[1])) untersucht. Folgende Ergebnisse seien hervorgehoben.

1. Herr Be. 60j. 1903 im September krank, Paratyphus-Bazillen des Typus B im Stuhl, Serum-Agglutination 1 : 100 für diese positiv. Am 31. Oktober 1903 wurde nur zu 1 Rekonvaleszentenuntersuchung Stuhl sowie Harn geliefert. Da wir keine Krankheitskeime mehr fanden, galt Herr Be. nach den damaligen Grundsätzen des Vorgehens für bazilienfrei. Am 8. II. 1906 züchtete ich Paratyphusbazillen des Typus B in großer Menge aus dem Stuhl, ferner gelegentlich von drei späteren Prüfungen[2]). — Bei Herrn Be. besteht seit Ende 1903 eine Rippenfistel, aus welcher sich zur Zeit keine Paratyphuskeime entleeren.

2. Frau Tr. 40j. 1904 im Juli Typhus. Gruber-Widalsche Probe positiv. Im August 1904 zweimal Rekonvaleszentenmaterial negativ. Am 4. X. 1905, als sich ein Typhusfall im Hause ereignete, der sofort zur klinischen Behandlung kam: Stuhl und Urin der Tr. ebenfalls negativ. Am 7. XII. 1905 verlangte ich abermals eine Stuhlprobe, und diese enthielt Typhusbazillen. Am 18. I., 17. II. und 9. III. 1906 folgten wieder negative Befunde.

3. Frau E. 26j. Im August 1904 Typhus. Während der Rekonvalenzenz am 23. IX. 04 eine positive, am 1. X. 04 eine negative Stuhlprüfung. Darauf wurde Material verweigert. Am 7. XII. 05 Typhusbazillen im Stuhl, Urin: 0, ebenso am 18. I. 06. Den 14. V. 06 negativer Befund.

Es waren also etwa 3 % der daraufhin nachträglich untersuchten bis dahin als „bakteriologisch genesen" geltenden Personen als „Bazillenträger" festzustellen, ca. 1 % Männer, 2 % Frauen. Dies Resultat ist deshalb von sanitärer Bedeutung, weil die Bazillenträger sicher Anlaß zu Infektionen geben können. — In der Umgebung der Frau Tr. ist auch tatsächlich ein Typhusfall vorgekommen (s. o.); damals gelang es mir aber nicht, Typhuskeime in dem Stuhl von Frau Tr. nachzuweisen. Diese Beobachtung mahnt zur Vorsicht, wenn man, wie so oft in der Praxis, auf Grund von einer oder zwei Untersuchungen entscheiden soll, ob etwa ein Bazillenträger als Ansteckungsquelle eines Typhus in Betracht kommt. — In Herrn Be.s Haushalt (s. o. Nr. 1) war nichts von Typhusvorkommnissen

[1]) Klinger, Diss. Straßburg 1905. Über neuere Methoden etc. Daselbst Literatur.

[2]) Anmerkung bei der Korrektur: Zuletzt im September und Dezember 1906.

seit 1903 nachweisbar; er lebt mit seiner Frau sowie einem Dienstboten in einer sehr saubern Wohnung; diese ist mit Wasserklosett versehen, das nur von den drei Personen benutzt wird. — Aus dem Hause der Frau E. (s. o.) kam seit 1905 kein Typhusfall zu meiner Kenntnis. Alle drei Bazillenträger Be., Tr. und E. sind jetzt angewiesen, bei den Entleerungen jede Beschmutzung von sich oder der Umgebung peinlich zu vermeiden sowie nach Möglichkeit ihren Stuhl usw. laufend zu desinfizieren.

Um den praktischen Boden und die Berechtigung solcher Spätkontrollen, d. h. der verschärften Suche nach Bazillenträgern zu beleuchten, muß ich noch kurz auf die Frage der „Gefährlichkeit" solcher Keimverbreiter eingehen. An anderer Stelle[1]) habe ich ausführlichere Erfahrungen über diesen Gegenstand mitgeteilt.

Es fehlt nicht an Stimmen, nach welchen der Fund von Bazillenträgern in der Umgebung von Typhen für die Beurteilung ihrer Gefährlichkeit wenig oder mit Vorsicht zu verwenden ist. Man hat die Möglichkeit erörtert, daß diese „Träger", typhusimmune Personen, die bei ihnen nachzuweisenden Keime von den frischerkrankten Personen ihrer nächsten Umgebung bezogen hätten. Demnach könnte der umgekehrte Bazillenweg vorliegen, als man gewöhnlich annehme, nämlich vom Kranken zum Gesunden.

Zunächst sprechen theoretische Gründe gegen letztere Auffassung. Wir sind auf Grund klinischer und experimenteller Erfahrungen zu der Überzeugung gekommen, daß die Gallenblase primär ihre Typhuskeime vom Blute aus durch Vermittelung der Leber während des Fiebers erhält und daß sie nach Ablauf des Typhus Vegetationsort der Typhusbazillen bleiben kann; der Genesene ist dann Bazillenträger geworden[2]). Daß aber Typhusbazillen vom Darm einer gesunden Person aus nach der Gallenblase gelangen, ist nach vielfach angestellten Versuchen sehr wenig wahrscheinlich. Diesen Weg machen Keime höchstens bei gestörtem Gallenfluß unter gleichzeitiger ascendierender Cholangitis. — Außerdem haben aber, wie aus meiner oben genannten Abhandlung ersichtlich ist, die hiesigen Typhuskranken, welche zur Aufdeckung von Bazillenträgern führten, alsbald nach der Erkrankung ihre Wohnung verlassen, um in die Behandlung der medizinischen Klinik zu gelangen; dadurch kommen sie als Infektions-

[1]) Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte Bd. 24. Heft I. S. 176 ff. Notiz bei der Korrektur: Von den dort erwähnten „Trägern" scheiden Frau M. = Nr. 2 Seite 177, Frau Schneidermeister Z. = Nr. 3 Seite 178 und Frau La. = Nr. 4. Seite 178 auch jetzt, im Dezember 1906, fast in jedem der in ca dreiwöchentlichen Intervallen untersuchten Stühle Typhusbazillen aus.

[2]) Münchener Med. Wochenschr. 1905 Nr. 31. An dieser Stelle sei über die fortgesetzten bakteriologischen Untersuchungen bei einem dort (Münchener Med. Wochenschr. 1904 S. 1641 u. 1642, sowie 1905 S. 1475) besprochenen Bazillenträger, der 46j. Ehefrau X., berichtet. Diese Person entleerte im Juni 1904 Paratyphusbazillen des Brion-Kayserschen Typus A mit dem Stuhle; kurz vor dieser Feststellung waren dieselben Keime von Fr. Blumenthal aus dem Gallenblaseninhalt der Frau gezüchtet worden. Nach der damals von Herrn Prof. Madelung vorgenommen Gallensteinoperation verschwanden die Paratyphusbazillen aus dem Stuhl. Seit nunmehr zwei Jahren habe ich bei keiner der nachfolgenden Stuhlprüfungen mehr die obengenannten Stäbchen auffinden können. Nach der Ausschaltung der infizierten „Residualgalle" ist also die Bazillenträgerin auch bis jetzt als „bakteriologisch genesen" anzusehen.

quellen für ihre häusliche Umgebung kaum in Betracht. Auch sei in diesem Zusammenhang besonders auf die Bazillenträgerinnen Frau Bäcker E. und Frau M.[1]) hingewiesen, sowie auf die Fälle von Milchübertragung[2]).

Hierher gehören zwei neue Beobachtungen, bei denen die äußeren Umstände außergewöhnlich lagen.

1. Herr Ha. 45j. liegt über $^1/_2$ Jahr auf Saal 57 der psychiatrischen Klinik und hat diese seit Weihnachten 1905 nicht verlassen. Ende Februar 1906 erkrankt er an Typhus, wird sofort in die medizinische Klinik verlegt, woselbst er am 12. III. 06 starb. — Bei der bakteriologischen Kontrolle der Saal-Genossen, Wärter, Schwestern und Ärzte fand ich am 17. III. 06 Typhusbazillen im Stuhl des gesunden 68j. J. E., Küchengeschirrspüler von Saal 57 (seit etwa 10 Monaten). Er hat vor etwa 26 Jahren Typhus durchgemacht. Mit den Entleerungen des Ha. ist der Bazillenträger J. E. nachweislich nie in Berührung gekommen. Dagegen kann er durch die Eßgeschirre dem Ha. die Krankheitskeime vermittelt und ihn so infiziert haben.

2. Aus Obereh. reiste gesund der 18j. We. in Str. zu, erkrankte wenige Tage nach seinem Hiersein anfangs Februar 1906 an Typhus. Ich konnte in Str. keine Infektionsquelle feststellen; außerdem hatte er ja die Inkubationszeit in O. verbracht. — An diesem Orte nahm Herr Oberarzt Dr. Fornet, Assistent unserer Anstalt, Ermittelungen vor. Bei den daraufhin veranlaßten „Umgebungsuntersuchungen“ stellte sich heraus, daß Frau E., die O.er Hauswirtin des We., chronische Bazillenträgerin war. Eine Infektion dieser Trägerin durch den Erkrankten kann wohl aus räumlichen Gründen ziemlich gewiß ausgeschlossen werden; vielmehr wies das Fehlen von Anhaltspunkten für eine andere Quelle darauf hin, daß Frau E. ihren Zimmerherrn in O. angesteckt hat.

Durch die Suche nach Bazillenträgern wird also manches dunkle Typhusvorkommnis an den Herd seines Entstehens verfolgt, und dann die Handhabe zu wirksamen Bekämpfungsmaßregeln gewonnen.

Die zu diesem Behufe von mir probeweise vorgenommene Spätkontrolle abgelaufener Typhen ließ sich in etwa der Hälfte meiner aufgesuchten Fälle aus den Jahren 1903 bis 1905 durchführen und war verhältnismäßig ergebnisreich. Während wir bis zu meinen Untersuchungen ca. 2 % Bazillenträger unter den Genesenen kannten, stieg diese Zahl um ca. 3 % auf rund 5 %.

Auf Grund unserer hierhergehörigen Beobachtungen können noch folgende Wünsche für die Praxis der Rekonvaleszenz-Untersuchungen ausgesprochen werden: Am besten würden Stuhl und Urin erst 14 Tage und drei Wochen nachdem Fieberlosigkeit eingetreten ist, untersucht. Fallen diese Proben negativ aus, so empfiehlt es sich, nach einigen Monaten ein drittesmal Material zu prüfen. Ergab jedoch eine der drei Proben ein positives Resultat, so sind die Untersuchungen in wöchentlichen Intervallen zu wiederholen, bis mindestens drei Mal die Abwesenheit von Krankheits-

---

[1]) Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte Heft 24. S. 176 und 177. spez. Auf die Bäckermeisterfrau E. ist nach meinen Ermittelungen im Mai 1906 wiederum ein Typhusfall zurückzuführen!

[2]) Ebenda Seite 173.

keimen konstatiert wurde; darnach wäre (tunlichst mit zwei- bis dreimonatlichen Pausen) etwa ein Jahr lang weiterzusuchen, damit nicht Erscheinungen einer etwaigen schubweisen Bazillenausscheidung dazu führen, daß in den Zeiten sistierender Keimentleerung Personen irrtümlicherweise als „bazillenfrei" erklärt werden. — Ferner dürfen einmal bekannte Bazillenträger nicht aus der bakteriologischen Kontrolle entlassen werden, selbst wenn monatelang keine Krankheitskeime im Stuhl auffindbar sind; denn wir konnten auch bei solchen große Pausen negativer Resultate finden, denen von neuem positive Befunde folgten.

Auf diese Weise wird die Sicherheit, daß wir keine Bazillenträger übersehen, noch größer werden als bisher; aus dem oben Erörterten geht indessen hervor, daß sie nie eine vollkommene sein kann.

Straßburg, im Juni 1906.

Aus der Königlichen bakteriologischen Untersuchungsanstalt in Saarbrücken. Leiter: Kreisassistenzarzt Dr. Lentz.

Über den Nachweis von Typhusbazillen in Blutgerinnseln.

Von

Dr. O. Kurpjuweit,
Kreisassistenzarzt in Berlin, ehem. Assistent der Anstalt.

Vor kurzem erschien eine wichtige Mitteilung aus dem hygienischen Institut in Kiel von Reiner Müller und Heinrich Gräf[1]. Es war ihnen gelungen, in den Blutgerinnseln der Blutproben von Typhuskranken, die zur Anstellung der Widalschen Reaktion eingesandt waren, mehrfach und zwar in 8 von 11 Fällen Typhus- resp. Paratyphusbazillen nachzuweisen. Diese Tatsache war eine überraschende, denn bisher hatte man allgemein angenommen, daß die Blutkuchen und das Serum steril seien, und daß die Typhus- resp. Paratyphusbazillen durch die bakterizide Kraft des Blutserums in den Blutproben abgetötet würden.

Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand an der Hand eines großen Materials waren wünschenswert. Auf Anregung des Herrn Dr. Lentz habe ich systematisch die Blutkuchen aller Proben, welche in der Zeit vom 11. Januar bis zum 14. März 1906 eingingen, im ganzen 294, untersucht. 100 Proben stammten von fiebernden Typhuskranken, die übrigen von Typhus-Genesenen oder Typhusverdächtigen, bei denen sich weiterhin der Verdacht nicht bestätigt hat.

In Übereinstimmung mit den oben erwähnten Autoren wurde, nachdem das Serum zur Widalschen Reaktion abpipettiert war, der Blutkuchen mit einem Glasspatel auf einer Lackmuslaktoseagar- (v. Drigalski-Conradi)-Platte verrieben. Wie ich gleich hier bemerken möchte, waren die Gerinnsel keineswegs immer leicht verreiblich, mitunter blieben größere Blutpartikel auf der Platte liegen.

In einer Reihe von Fällen wurde auch das blutige Sediment aus den Zentrifugengläschen mit einer sterilen Kapillare aufgesogen und ebenfalls auf einer Platte ausgestrichen. Das Serum war, ausgenommen bei den Tierversuchen, auf die ich zum Schluß noch kurz eingehen werde, stets steril. Die Blutkuchen erwiesen sich, abgesehen von den positiven Bazillenbefunden und zufälligen Verunreinigungen durch Luft- und Hautkeime, ebenfalls als steril.

Die Quantität des ausgestrichenen Blutes betrug bei Müller und Gräf ca. $^3/_4$ bis 4 ccm, bei uns war sie bedeutend geringer. Unsere Kapillaren zur Blutentnahme fassen höchstens 0,2 bis 0,3 ccm. Die eine Hälfte der Blutmenge entfällt gewöhnlich

---

[1]) Münchener Medizinische Wochenschrift 1906. S. 69.

auf das Blutserum, die andere auf den Blutkuchen; so konnten nur 0,1 bis 0,15 ccm geronnenes Blut, oft noch weniger, verrieben werden.

Die Platten blieben zum Trocknen bei Zimmertemperatur auf einem Tisch umgekehrt stehen und kamen dann für 24 Stunden in den Brutschrank. Am andern Tage wurden die verdächtigen Kolonien mit hochwertigem Serum agglutiniert und durch Überimpfen in Lackmusmolke und Neutralrotagar, ferner durch nochmalige Agglutination von einer Reinkultur auf Schrägagar bis zur Agglutinationsgrenze identifiziert. Die Typhusbazillen waren stets gut agglutinabel. Mitunter gelang es erst nach mehr als 24stündigem Aufenthalt im Brutschrank auf den Platten Typhuskolonien nachzuweisen. Häufig sahen sie anders aus als die Typhuskolonien aus Stuhl und Urinproben, die auf Lackmuslaktoseagar (v. Drigalski-Conradi) ausgestrichen waren. Während diese in der Regel blau, glasig und durchsichtig erscheinen, waren jene etwas undurchsichtig und bräunlich gelblich gefärbt, mitunter am Rande undurchsichtiger als im Zentrum. Die Färbung beruhte wohl darauf, daß das Hämoglobin der roten Blutkörperchen in den Kolonien, sei es durch hämolytische Funktion der Typhusbazillen, sei es durch eine chemische Wirkung des Laktoseagars, umgewandelt war. Letzteres erscheint wahrscheinlicher, da auch die übrige Oberfläche der Platte, die noch mit Blut bestrichen, aber nicht bewachsen war, eine bräunliche Färbung angenommen hatte. Leider stand uns kein Spektroskop zur Prüfung dieser Hämoglobinveränderungen zur Verfügung.

Die Untersuchung der Blutkuchen auf Typhus- resp. Paratyphusbazillen fiel zwölfmal positiv aus.

Zur besseren Orientierung und mancher interessanter Begleitumstände wegen gebe ich in folgendem einige Notizen über jede einzelne Erkrankung.

1. Adam K., 2 Jahre alt, erkrankte am 3. Januar 1906 an schwerem Typhus. Am 15. Krankheitstag war die Widalsche Reaktion für Typhus- und Paratyphus-(B)-Bazillen vollkommen negativ. Im Blutkuchen wurden mehrere Typhusbazillen gefunden. Dieses blieb der einzige Befund, da Stuhl- und Urinproben von dem Kinde, das wenige Tage später starb, nicht mehr zu erlangen waren.

2. Elise F. 6 Jahre alt, erkrankte am 14. Januar 1906 an schwerem Typhus. Am 6. Krankheitstag ergab die Widalsche Reaktion für Typhusbazillen (T) 1/200 $\pm$ für Paratyphus-B-bazillen (P) 20 +, im Blutkuchen fanden sich einzelne Typhusbazillen, ebenso am gleichen Tage im Stuhl. Das Kind starb am 16. Krankheitstage.

3. Marie W. 10 Jahre alt, erkrankte am 20. Januar 1906 an schwerem Typhus. Die Widalsche Reaktion fiel am 5. Krankheitstage bei T 100 schwach positiv aus, im Blutkuchen waren einzelne Typhusbazillen nachweisbar, desgleichen am selben Tage im Stuhl.

4. Anton S., 38 Jahre alt, erkrankte am 25. Januar 1906. Es handelte sich um eine mittelschwere Erkrankung. Am 13. Krankheitstag war die Widalsche Reaktion bei T 50 und 100 +, im Blutkuchen wurden 8 Typhuskolonien gefunden. Im Stuhl sind sie erst sechs Wochen später im Beginn der Rekonvaleszens nachgewiesen worden.

5. Karl D. 10 Jahre alt. Es handelt sich um einen schweren Typhus, der am 29. Januar 1906 begonnen hatte. Am 7. Krankheitstag erwies sich die Widalsche

Reaktion als negativ und der Blutkuchen als steril. Am 9. Krankheitstag fiel die Widalsche Reaktion für T und P 100 positiv aus, im Blutkuchen fanden sich 20 Typhuskolonien. Im Stuhl wurden sie am 7. Krankheitstage festgestellt.

6. Frl. B., 19 Jahre alt, erkrankte am 3. Februar 1906 an schwerem Typhus. Die Widalsche Reaktion ergab am 12. Krankheitstag bei T und P 100 ein positives Resultat, im Blutkuchen fanden wir 22 Typhuskolonien. Am 14. resp. 19. Krankheitstage waren sie im Sputum resp. im Stuhl und Urin vorhanden.

7. Nikolaus R., 32 Jahre alt, erkrankte am 19. Januar 1906 an leichtem Typhus und bekam nach vorübergehender Besserung ein leichtes Rezidiv. In dieser Zeit am 29. Krankheitstag wurden im Blutkuchen drei Typhuskolonien nachgewiesen. Die Widalsche Reaktion war für T und P, fernerhin auch mehrere Stuhl- und Urinuntersuchungen negativ.

8. Johann E., 38 Jahre alt, erkrankte am 10. Februar 1906 an mittelschwerem Typhus. Am 6. Krankheitstage zeigte sich die Widalsche Reaktion bei T 1/500 und P 1/200 positiv, im Blutkuchen wurden zahlreiche Typhuskolonien gefunden, ebenso im Stuhl zwei Tage darauf.

9. Ludwig H., $6^1/_2$ Jahre alt, erkrankte am 12. Februar 1906 an sehr schwerem Typhus. Die Widalsche Reaktion verlief am 3. Krankheitstag bei T 100 und P 50 positiv. Im Blutkuchen waren zwei Typhuskolonien und am 12. Krankheitstage auch im Stuhl und Urin Typhusbazillen nachweisbar.

10. August W., 8 Jahre alt. Erkrankte am 5. Februar 1906 an leichtem Typhus. Die Widalsche Reaktion fiel für T und P negativ aus. Im Blutkuchen wurden ca. 1600 Paratyphusbazillen (B) gefunden. Die mehrmaligen Untersuchungen von Stuhl und Urin hatten kein positives Resultat.

11. Dina J., 22 Jahre alt, erkrankte am 9. Februar 1906 unter den Erscheinungen einer Angina. Sie fühlte sich seitdem nicht ganz wohl. Am 3. März brach sie plötzlich zusammen, es wurden die Zeichen einer Pneumonie konstatiert. Dann entwickelte sich ein schwerer Typhus. Am 25. Krankheitstag war die Widalsche Reaktion T 200 $\pm$ P 200 $+$. Im Blutkuchen wurde eine Typhuskolonie und am 43. Krankheitstag im Stuhl eine Reinkultur von Typhusbazillen festgestellt.

12. Theodor K., 22 Jahre alt, erkrankte am 1. März 1906 an mittelschwerem Typhus. Am 8. Krankheitstag ergab die Widalsche Reaktion für T und P ein negatives Resultat. Im Blutkuchen wurden zwei Typhuskolonien und am 21. Krankheitstag im Stuhl und Urin Typhusbazillen nachgewiesen.

Zur besseren Übersicht stelle ich die zwölf Fälle in einer Tabelle zusammen (s. S. 232).

Das Ergebnis unserer Untersuchungen ist kurz folgendes. In der Mehrzahl der Fälle sind die Bazillen im Blut in der ersten oder zweiten Krankheitswoche, viermal in der dritten Woche und einmal während eines Rezidivs, am 29. Tag seit Beginn der Erkrankung, gefunden worden. Die Hälfte der Erkrankten waren Kinder, die Übrigen Erwachsene, das entspricht auch der gewöhnlichen Morbiditätsziffer, die für Kinder ca. 40 % und für Erwachsene ca. 60 % beträgt. Es handelte sich ferner bei 7 um recht schwere Erkrankungen, von denen zwei letal endigten. Die Zahl der

Nr.	Krankheitstag	Art der Typhuserkrankung	Widalsche Reaktion	in 0,1—0,15 ccm Blut Typhus- resp. Paratyphuskolonien	Typhusbazillen im Stuhl	Typhusbazillen im Urin	Bemerkungen
1	15	schwer	T[1]) P[2]) —	mehrere	nicht untersucht		am 25. Krankheitstag gestorben
2	6	schwer	T 200 ± P 20 +	mehrere	am 6. Kr.-T.[3]) +	—	am 16. Krankheitstag gestorben
3	4	schwer	T 100 + P —	einzelne	am 5. Kr.-T. +	—	—
4	13	mittelschwer	T 50 + P 100 +	8	am 45. Kr.-T. +	—	—
5	9	schwer	T 100 + P 100 +	21	am 8. Kr.-T. +	nicht untersucht	im Sputum am 13. Kr.-T. Typhusbazillen
6	12	schwer	T 100 + P 100 +	22	am 19. Kr.-T. +	am 19. Kr.-T. +	—
7	29	leichtes Ty.-Rezidiv	T — P —	3	—	—	—
8	6	mittelschwer	T 1/500 + P 1/200 +	zahlreiche	—	am 8. Kr.-T. +	—
9	3	sehr schwer	T 100 + P 50 +	2	am 7. Kr.-T. +	am 7. Kr.-T. +	—
10	19	leicht	T — P —	ca. 1600 Paratyphus-(B)-kolonien	—	—	—
11	25	sehr schwer	T 200 ± P 200 +	1	am 43. Kr.-T. +	—	—
12	8	mittelschwer	T — P —	2	am 21. Kr.-T. +	am 21. Kr.-T. +	—

Typhuskolonien, die in der geringen Blutmenge von 0,1—0,15 ccm gefunden wurden, war, soweit sie überhaupt festgestellt ist, gewöhnlich keine bedeutende. Sie schwankte zwischen 1 und 21, nur einmal ist sie sehr groß gewesen und zwar betrug sie ca. 1600, es handelte sich hierbei um Paratyphusbazillen (B).

Bei der Fülle der Untersuchungen[4]) müssen wir uns im Beginn der Erkrankung

[1]) Typhusbazillen.

[2]) Paratypus-(B)-bazillen.

[3]) Krankheitstag.

[4]) In der hiesigen Anstalt kommen jährlich ca. 9000 Proben zur Untersuchung, ein Viertel davon sind Blutproben. Die Widalsche Reaktion wird im hängenden Tropfen und sobald es die Serummenge gestattet, im Reagensglase zur makroskopischen Beurteilung in den Verdünnungen $^1/_{20}$, $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ mit T und P angelegt und auch die Titergrenze bestimmt. Ungefähr drei Viertel des eingehenden Materials sind Stuhl- und Urinproben, die mit Hilfe der Malachitanreicherungsmethode von Lentz und Tietz untersucht werden.

häufig mit einem positiven Befund, sei es eine positive Widalsche Reaktion, sei es Typhusbazillen im Stuhl, Urin oder Blut, begnügen. Den Schwerpunkt der Untersuchungen verlegen wir in die Zeit der Rekonvaleszenz zur Feststellung der bakteriologischen Genesung. So ist auch hier nicht gleich bei allen im Beginn der Erkrankung, sondern meistens erst später eine Stuhl- und Urinuntersuchung ausgeführt und zwar bei neun mit positivem Resultat. Einmal (bei Nr. 6) sind auch im Sputum Typhusbazillen gefunden worden. Hier bestand eine starke Bronchitis, die um so eher den Verdacht einer akuten tuberkulösen Erkrankung hervorgerufen hatte, als die Betreffende ihre schwer tuberkulöse Schwester gepflegt hatte.

Die Widalsche Reaktion war in drei Fällen vollkommen negativ, in einem andern Falle, bei Nr. 3, erwies sich die Probe erst nach zweistündigem Aufenthalt im Brutschrank und nach weiterem 24stündigem Liegen in Zimmertemperatur für T 100 positiv. Bei den übrigen erreichte der Titer keine hohen Grenzwerte, nur einmal, bei Nr. 8, fiel die Reaktion bei T 500 positiv aus. Ferner zeigte sich oft eine erhebliche Mitagglutination für Paratyphusbazillen (B), bei Nr. 4 überwog sie die Agglutination für Typhusbazillen um ein Geringes T 50 + P 100 +.

Diesen positiven Befunden stehen eine große Zahl negativer gegenüber, im ganzen 282. 194 Blutproben stammten von Typhusverdächtigen, bei denen sich späterhin der Verdacht nicht bestätigt hat. 88 Blutproben rührten von amtlich gemeldeten Typhusfällen her.

Es erscheint mir nicht uninteressant mit wenigen Worten auf diese letzteren einzugehen. Von den Erkrankten befanden sich, als ihre Blutprobe zum ersten Male zur Untersuchung gelangte, 17 in der ersten, 23 in der zweiten, 18 in der dritten, 7 in der vierten, je 3 in der fünften, sechsten, und je 1 in der sieben und neunten Krankheitswoche, neun sind mehrmals untersucht worden und von weiteren sechs konnte der Erkrankungstag nicht in Erfahrung gebracht werden.

In der ersten Woche war die Widalsche Reaktion siebenmal in der Verdünnung $^1/_{100}$ und höher für T resp. P positiv, sechsmal verdächtig, viermal vollständig negativ, bei zwei ist sie im Laufe der zweiten resp. dritten Woche positiv geworden. Bei fünf Kranken mit typhusverdächtiger Widalscher Reaktion sind einmal im Urin und zweimal im Stuhl am Tage der Blutuntersuchung, bei den anderen etwas später im Stuhl resp. Urin Typhusbazillen gefunden worden. Die untersuchten Stuhl- und Urinproben der übrigen ergaben ein positives Resultat, einmal in der zweiten und zwei mal in der dritten Krankheitswoche. Zwei Kranke starben in den ersten Krankheitstagen, sodaß Stuhl- und Urinuntersuchungen nicht ausgeführt werden konnten.

In der zweiten Woche zeigte sich die Widalsche Reaktion für T und P in der Verdünnung $^1/_{100}$ und höher 16 mal positiv, zweimal typhusverdächtig nnd achtmal negativ, bei einem von letzteren wurde sie in der fünften Woche positiv. Bei vier Fällen mit negativer Reaktion gelang es durch den Nachweis von Typhusbazillen im Stuhl, zweimal am Tage der Blutuntersuchung, bei den übrigen in derselben oder in der darauffolgenden Woche die Diagnose zu sichern. Die übrigen untersuchten Stuhl- und Urinproben ergaben ein positives Resultat bei sieben Personen fast gleichzeitig

mit der Blutuntersuchung. Fünf Personen starben in der zweiten Krankheitswoche, bei vier konnte daher eine Stuhl- und Urinuntersuchung nicht stattfinden.

In der dritten Woche war die Widalsche Reaktion für T und P in der Verdünnung $^{1}/_{100}$ oder höher 14 mal positiv und dreimal negativ, bei zwei von diesen wurden am Tage der Blutuntersuchung im Stuhl Typhusbazillen gefunden, ebenso bei neun von den erstgenannten 14 Fällen im weiteren Verlauf der Erkrankung. Viermal zeigte sich die Widalsche Reaktion verdächtig, die Stuhl- und Urinuntersuchung dagegen einmal hierbei positiv. In der dritten Krankheitswoche sind die Untersuchungsresultate am allergünstigsten gewesen.

In der vierten Woche fiel die Widalsche Reaktion für T und P in der Verdünnung $^{1}/_{100}$ und höher sechsmal positiv aus, einmal war sie typhusverdächtig und einmal negativ, bei diesen beiden wurden kurz darauf im Stuhl Typhusbazillen gefunden. Eine Patientin ist aus dieser Woche gestorben.

In der fünften, sechsten, siebenten und neunten Woche erwies sich die Widalsche Reaktion neunmal und die Stuhl- und Urinuntersuchung bei drei Personen als positiv. Einmal war die Widalsche Reaktion typhusverdächtig.

Aus dieser Zusammenstellung entnehmen wir die wichtige Tatsache, daß die Widalsche Reaktion in einer geringen Zahl von Fällen sogar in späteren Wochen der Erkrankung negativ ausfällt, und daß bei diesen die Stuhl- und Urinuntersuchungen namentlich auch bei der Frühdiagnose recht beachtenswerte Resultate liefern.

Die Untersuchungsbefunde sind in der folgenden Tabelle (S. 235—238) zusammengestellt.

Vergleichen wir unsere Blutuntersuchungsresultate mit den Kielern, so ist unser Ergebnis kein so glänzendes. Der Hauptgrund der Differenz ist der, daß dort, wie schon erwähnt viel größere Blutmengen zur Untersuchung gelangten. Bei uns hält es aber schwer, mehr als eine Kapillare voll Blut zu bekommen, weil die Ärzte an die Blutentnahme mit der Kapillare, eine höchst einfache und wenig umständliche Methode, gewöhnt sind und sich die Bevölkerung selbst zur Entnahme einer kleinen Blutmenge, des sogenannten „Tröpfchen Bluts", wie wir auf unsern häufigen Dienstreisen oft erfahren, nur schwer bewegen läßt. Fernerhin handelte es sich fast bei der Hälfte der Fälle mit negativem Blutresultat um leichte Erkrankungen.

Es erschien nun wissenswert, wie lange sich vergleichsweise bei Kaninchen, die mit lebenden Typhus- oder Paratyphus- (B) -bazillen intravenös geimpft waren, die Bazillen im flüssigen und im geronnenen Blut feststellen lassen. Aus äußeren Gründen konnten nur wenige Versuche angestellt werden, deren Resultate in folgendem kurz mitgeteilt werden sollen. Der Nachweis von Typhusbazillen gelang mit Hilfe der Conradischen Gallenanreicherung noch 10 Tage nach der Injektion der Typhuskultur, während im Blutkuchen und im flüssigen Blut bei gewöhnlichem Ausstrich Bazillen nur noch 3 Tage nach der Impfung gefunden wurden. Paratyphus-(B)-bazillen dagegen waren nur noch nach 24 Stunden sowohl im flüssigen Blut als auch im Blutkuchen feststellbar.

	Nr.	Name	Alter Jahr	Ausfall der Widalschen Reaktion	Untersuchungsergebnis des Stuhls	Urins	Bemerkungen
1. Woche	13 (39)[1]	Margarete S. . . .	12	1. Kr.-T. verdächtig	4. Kr.-T. +	—	Typhus leicht
	14	Adam K.	35	1. Kr.-T.? T 100 +	—	—	„ „
	15	Friedrich B. . . .	27	2. Kr.-T. T 100 +	noch nicht untersucht		„ „
	16	Josef K.	19	4. (14?) Kr.-T. T 100 + P 100 +	—	13. Kr.-T. +	„ mittelschwer
	17 (38)	Marie B.	23	4. Kr.-T. —	—	—	„ schwer; gestorben
	18	Heinrich J. . . .	20	5. Kr.-T. T — P 100 ±	—	18. Kr.-T. +	„ leicht
	19	Laura R.	14	5. Kr.-T. T — P 50 +	9. Kr.-T. +	—	„ ?
	20 (72)	Heinrich D. . . .	15	6. Kr.-T. —	—	—	„ leicht
	21	Luise E.	2½	6. Kr.-T. T 100 +	15. Kr.-T. +	—	„ „
	22	Johann R.	31	6. Kr.-T. verdächtig	—	6. Kr.-T. +	„ „
	23	Johann W.	8	6. Kr.-T. —	—	—	„ schwer; gestorben
	24	Eugen B.	24	7. Kr.-T. T 500 + P 100 +	16. Kr.-T. +	24. Kr.-T. +	„ mittelschwer
	25	Heinrich Sch. . . .	26	7. Kr.-T. T 100 + P 100 +	—	—	„ leicht
	26	Marie E.	1	7. Kr.-T. —	—	—	„ „
	27	Luise E.	23	7. Kr.-T. T 50 +	—	—	„ „
	28	Richard E.	20	7. Kr.-T. verdächtig	6. Kr.-T. +	—	„ schwer
	29	Barbara Gr. . . .	18	7. Kr.-T. TP 100 +	—	—	„ leicht
2. Woche	30	Nikolaus H. . . .	34	8. Kr.-T. —	6. Kr.-T. +	—	Typhus leicht
	31 (89)	Margarete Sch. . .	31	8. Kr.-T. T 50 +	—	—	„ „
	32	Katharina P. . . .	14	8. Kr.-T. verdächtig	nicht untersucht		„ schwer; gestorben
	33 (56)	Peter H.	2	9. Kr.-T. T 100 +	15. Kr.-T. +	15. Kr.-T. +	„ mittelschwer
	34 (54)	Wilhelm Sch. . . .	25	9. Kr.-T. —	14. Kr.-T. +	—	„ leicht
	35 (88)	Irma M.	18	9. Kr.-T. —	22. Kr.-T. +	—	„ mittelschwer
	36	Friedrich Sch. . .	17	9. Kr.-T. T 100 +	noch nicht untersucht		„ „
	37	Josef A.	27	9. Kr.-T. P 100 +	—	—	„ leicht
	38 (17)	Marie B.	23	9. Kr.-T. T 50 P 100 +	—	—	„ schwer; gestorben
	39 (13)	Margarete S. . . .	12	10. Kr.-T. T 100 +	4. Kr.-T. +	—	„ leicht
	40	Barbara F.	13	10. Kr.-T. —	—	—	„ ?

[1]) Die eingeklammerte Ziffer bezeichnet die spätere resp. frühere Nummer der Untersuchung in der Tabelle.

	Nr.	Name	Alter Jahr	Ausfall der Widalschen Reaktion	Untersuchungsergebnis des Stuhls	Untersuchungsergebnis des Urins	Bemerkungen
	41	Franz W.	50	10. Kr.-T. —	7. Kr.-T. +	—	Typhus leicht
2. Woche	42	Peter Sch.	32	10. Kr.-T. T 100 +	nicht untersucht		„ schwer; gestorben
	43	Frau Aug. B. . . .	29	10. Kr.-T. —	—	—	„ schwer
	44	Peter S.	?	10. Kr.-T. —	nicht untersucht		„ ?
	45	Johanna H. . . .	33	11. Kr.-T. T P 100 +	noch nicht untersucht		„ schwer
	46	Valentin V. . . .	24	12. Kr.-T. P 1000 ±	—	—	„ schwer; gestorben
	47	Fritz K.	52	12. Kr.-T. T 100 +	11. Kr.-T. +	—	„ schwer
	48	Josef Sch.	12	12. Kr.-T. T 1000 P 100 +	10. Kr.-T. +	—	„ schwer
	49	Eugen W.	12	12. Kr.-T. T 100 +	28. Kr.-T. +	+	„ mittelschwer
	50	Dora Fr.	19	13. Kr.-T. T P 100 +	15. Kr.-T. +	+	„ schwer
	51	Georg H.	23	13. Kr.-T. T 100 +	13. Kr.-T. +	—	„ schwer
	52 (69)	Frau Joh. N. . . .	33	14. Kr.-T. T 100 + P 100 ±	—	—	„ leicht
	53	Josef A.	27	14. Kr.-T. P 100 +	—	—	„ „
	54 (34)	Wilhelm Sch. . . .	25	14. Kr.-T. T P —	14. Kr.-T. +	—	„ „
	55	Johann H.	43	14. Kr.-T. T 100 ± P 50 +	nicht untersucht		„ schwer; gestorben
3. Woche.	56 (33)	Peter H.	2	15. Kr.-T. T 100 +	15. Kr.-T. +	15. Kr.-T. +	Typhus mittelschwer
	57	Maria A.	23	15. Kr.-T. T P 100 +	18. Kr.-T. +	—	„ leicht
	58	Anna M.	4½	15. Kr.-T. T 100 P 50 +	11. Kr.-T. +	—	„ „
	59	Viktor D.	38	15. Kr.-T. T 100 +	25. Kr.-T. +	—	„ „
	60	Gustav T.	18	16. Kr.-T. T 100 P 200 ±	—	—	„ mittelschwer
	61	Henriette W. . . .	7	17. Kr.-T. T P 100 +	25. Kr.-T. +	—	„ „
	62	Frau Peter R. . . .	21	17. Kr.-T. T 100 +	25. Kr.-T. +	—	„ leicht
	63	Luise K.	5	17. Kr.-T. —	19. Kr.-T. +	—	„ „
	64	Frau K.	30	17. Kr.-T. T 100 ± P 50 +	—	—	„ „
	65	Hans A.	1	17. Kr.-T. verdächtig	14. Kr.-T. +	14. Kr.-T. +	„ „
	66	Philipp R.	36	18. Kr.-T. —	—	—	„ „
	67	Josef Z.	5	18. Kr.-T. P $^{1}/_{200}$ +	—	—	„ „
	68	Paul Th.	12	18. Kr.-T. T P 100 +	20. Kr.-T. +	—	„ „

Woche	Nr.	Name	Alter Jahr	Ausfall der Widalschen Reaktion	Untersuchungsergebnis des Stuhls	Untersuchungsergebnis des Urins	Bemerkungen
3. Woche.	69 (52)	Frau Joh. N. . . .	33	18. Kr.-T. T P 100 ±	—	—	Typhus leicht
	70	Frau L.	35	18. Kr.-T. T 100 ± P 50 +	—	—	„ mittelschwer
	71 (79)	Marie B.	15	20. Kr.-T. T P 100 +	—	—	„ leicht
	72 (20)	Heinrich D. . . .	15	21. Kr.-T. T P 100 +	—	—	„ „
	73	Frau A. K. . . .	30	21. Kr.-T. T P 100 +	39. Kr.-T. +	39. Kr.-T. +	„ mittelschwer
	74	Steiger St.	29	21. Kr.-T. —	32. Kr.-T. +	—	„ schwer
	75	Martha St.	$1^1/_2$	21. Kr.-T. T 50 P 100 +	29. Kr.-T. +	—	„ leicht
	76	Elise G.	12	21. Kr.-T. T 100 +	—	—	„ „
4. Woche.	77	Stephan T.	28	22. Kr.-T. T 100 ± P 100 +	21. Kr.-T. +	—	Typhus mittelschwer
	78	Michel B.	39	22. Kr.-T. T 5000 ±	—	—	„ „ Rezidiv
	79 (71)	Marie B.	15	22. Kr.-T. T P 100 +	—	—	„ leicht
	80	Albertine D. . . .	18	24. Kr.-T. T 100 +	25. Kr.-T. +	25. Kr.-T. +	„ schwer; gestorben
	81	Henriette W. . . .	7	25. Kr.-T. T 100 P 50 +	25. Kr.-T. +	—	„ mittelschwer
	82	Peter V.	9	27. Kr.-T. —	32. Kr.-T. +	—	„ leicht
	83	Eduard G.	36	28. Kr.-T. verdächtig	34. Kr.-T. +	—	„ mittelschwer
	84	Marie Sch.	6	28. Kr.-T. T 200 P 100 +	34. Kr.-T. +	—	„ schwer
5. Woche.	85	Philipp P.	32	29. Kr.-T. T 100 +	—	—	Typhus mittelschwer
	86	Susanne H. . . .	23	33. Kr.-T. T 100 +	—	—	„ „
	87	Frau B.	34	34. Kr.-T. T 100 +	—	—	„ schwer
	88 (35)	Irma M.	18	34. Kr.-T. T 100 + P 100 ±	22. Kr.-T. +	—	„ mittelschwer
	89 (31)	Margarete Sch. . .	31	35. Kr.-T. T 100 +	—	—	„ leicht
6. Woche.	90	Katharina H. . . .	26	37. Kr.-T. T 100 ±	—	—	Typhus leicht
	91	Heinrich B. . . .	33	39. Kr.-T. T 100 +	44. Kr.-T. +	—	„ mittelschwer
	92	Christian M. . . .	24	41. Kr.-T. T 100 P 50 +	16. Kr.-T. +	35 Kr.-T +	schwer
7. Woche.	93	Frau U.	52	45. Kr.-T. P 100 +	—	—	Typhus leicht
9. Woche.	94	Anna E.	10	62. Kr.-T. T 100 +	—	—	Typhus mittelschwer

Nr.	Name	Alter	Ausfall der Widalschen Reaktion	Untersuchungsergebnis des Stuhls	Untersuchungsergebnis des Urins	Bemerkungen
95	H.	?	? T 500 +	nicht untersucht		?
96	Witwe F.	?	? T 500 +	„		?
97	Richard G.	?	? T 100 +	„		?
98	Johann B.	?	? —	—	—	?
99	„	?	? —	—	—	?
100	Maria O.	29	? T 100 P 100 +	—	—	schwer

Die Zahl der Bazillen im Blutkuchen war immer wesentlich geringer als in der gleichen Menge Blutes, das flüssig auf die Platten gestrichen war. Mit dem Auftreten der Agglutinine wurden die Bazillen im Blute spärlicher. Vielleicht fällt dieser Moment auch mit der Vermehrung der bakteriziden Stoffe im Blut zusammen. Zur Aufklärung dieses Punktes wären jedenfalls noch weitere Untersuchungen erforderlich. Für die erwähnte Annahme würde der Umstand sprechen, daß bei einem Kaninchen, dessen Serum nach der ersten Typhusimpfung bis T 2000 + und P 500 + agglutinierte, und bei dem die bakteriziden Stoffe infolge der ersten Impfung wohl bedeutend vermehrt waren, die Typhusbazillen bei der zweiten Impfung mit dem gleichen Stamme nach 24 Stunden nur noch im flüssigen Blute, dagegen nicht im Blutkuchen in spärlicher Zahl vorhanden waren. Versuche, durch künstliche Verdauung der Blutkuchen eine Anreicherung der Bazillen herbeizuführen, lieferten kein eindeutiges Resultat. Das Serum des Kaninchenblutes war nicht immer steril, sondern enthielt zweimal Typhusbazillen, die wahrscheinlich in den im Serum vorhandenen kleinen Blutflöckchen eingeschlossen waren.

In einer Blutprobe, die mehrere Tage im Sonnenlicht auf dem Arbeitstisch gelegen hatte, war, im Vergleich mit dem Untersuchungsresultat einer gleichzeitig entnommenen und am andern Tag ausgestrichenen Blutprobe, eine Vermehrung der Bazillen sowohl im Blutkuchen selbst, als auch im Serum eingetreten. Eine Erklärung hierfür wäre folgende. Nach Buchner[1]) wissen wir, daß die Bakterizidie des Blutes durch Einwirkung des Sonnenlichts abnimmt, dieses kann auch hier eingetreten sein, und nun bildete das Serum wie der Blutkuchen einen günstigen Nährboden für die Typhusbazillen. Weitere Untersuchungen über die bakteriziden Stoffe solcher Blutproben, die frisch entnommen sind, und solcher, die einige Tage im Sonnenlicht lagern, wären notwendig, um weitere Auskunft über diesen Punkt zu geben.

Jedenfalls können wir aber aus den eben geschilderten Tatsachen den Schluß ziehen, daß alle Manipulationen mit dem Blutkuchen und dem Blutserum von Typhus-

[1]) Zitiert nach Kolle und Wassermann: Handbuch der pathogenen Mikroorganismen Bd. 4. 1 E. Friedberger: Die bakteriziden Sera. S 492.

kranken namentlich in der Hand von Ungeübten, zum Beispiel beim Anstellen der Widalschen Reaktion mit dem Fickerschen Diagnostikum keineswegs ungefährlich sind und größte Vorsicht dabei erforderlich ist. Ich hebe dies besonders hervor, weil das Fickersche Diagnostikum als bequemstes und zuverlässigstes Mittel zur frühen Sicherung der Typhusdiagnose hingestellt wird; hierbei bleibt aber zu berücksichtigen, daß in den Blutproben infektionstüchtige Krankheitserreger enthalten sind.

Nach unsern Erfahrungen wird die Untersuchung der Blutkuchen für die Typhusdiagnose keineswegs die Bedeutung gewinnen wie die Blutkultur, die Widalsche Reaktion und die Untersuchung von Stuhl und Urin. Wenn wir aber berücksichtigen, daß bei mehreren unserer Fälle, so bei Nr. 1, Nr. 7 und Nr. 10 der Nachweis der Typhusbazillen im Blutkuchen der einzige positive und für die Diagnose und die weiteren sanitätspolizeilichen und hygienischen Maßnahmen entscheidende Befund war, so ist es durchaus wünschenswert, daß allgemein der Blutkuchen von typhusverdächtigen Blutproben auf Typhus- resp. Paratyphusbazillen untersucht wird. Die ganze Untersuchung nimmt nur wenige Minuten in Anspruch, verwertet ein Material, das bisher achtlos beiseite geworfen wurde, und liefert oft schätzenswerte Resultate namentlich dort, wo die Widalsche Reaktion und die Stuhl- und Urinuntersuchung negativ ist, resp. wo weiteres Untersuchungsmaterial aus äußeren Gründen nicht mehr beschafft werden kann.

Beendet im März 1906.

Nachtrag.

Nach Abschluß dieser Untersuchungen sind zwei weitere, wichtige Publikationen über das gleiche Thema erschienen, die hier nur kurz berücksichtigt werden sollen.

Fornet hat, wie aus seiner kurzen Mitteilung in der Münchener medizinischen Wochenschrift vom 29. Mai 1906 Nr. 22 hervorgeht, die Blutkuchen in Gallenröhrchen, die von Conradi und dann von Kayser zur Züchtung der Typhusbazillen aus dem Blut empfohlen sind, übertragen und dann weiter verimpft. Er erreichte so eine wesentliche Verbesserung der Methodik. Blutkuchen von 0,25 ccm und noch weniger konnten durch Anreicherung in Galle mit Erfolg verarbeitet werden. In 14 von 19 Typhusfällen erhielt er einen positiven Befund.

Conradi[1]) untersuchte darnach mit Hilfe seiner Gallenröhrchen 60 Blutproben von Typhusverdächtigen und fand bei 24 Kranken Typhus- resp. Paratyphus-(B)-bazillen. Unter diesen 24 Erkrankungen waren 10, deren Typhusnatur ausschließlich durch das positive Resultat der Blutzüchtung erkannt wurde.

So hat meine Forderung generell von jeder Blutprobe, deren Serum auf ihre Agglutinationskraft geprüft wird, auch den Blutkuchen zu untersuchen, eine weitere, wesentliche Unterstützung erfahren, und es steht zu erwarten, daß wir durch diese Untersuchung, namentlich mit Hilfe der Galleanreicherung weitere, wertvolle Aufschlüsse bezüglich der Epidemiologie des Typhus und damit wichtige Fingerzeige für die Bekämpfung des Typhus erlangen werden.

---

[1]) H. Conradi, Zur bakteriologischen Frühdiagnose des Typhus. Münchener medizinische Wochenschrift 4. Dezember 1906, Nr. 49.

(Aus dem hygienischen Institut und der bakteriologischen Untersuchungsanstalt in Straßburg i. Els.)

Der Typhusbazillus in Bakteriengemischen.

Von

Prof. **Dr. E. Levy** und **Dr. Walter Gaehtgens,**
Assistent an der Anstalt.

Einen großen Fortschritt erfuhren die Bestrebungen, Typhusbazillen aus Bakteriengemischen zu isolieren, als es Löffler[1]) und seinem Schüler Deichsel gelang, in dem Malachitgrün ein Mittel ausfindig zu machen, welches den gefährlichsten Rivalen des Typhusbazillus, das Bacterium coli commune, in seinem Wachstum ganz beträchtlich zu hemmen vermochte, während die Eberthschen Stäbchen bei dem gleichen Farbstoffzusatze fast ungestört zur Entwicklung gelangten. Auf Grund dieser Tatsachen arbeiteten Lentz und Tietz[2]) ein Plattenverfahren aus, welches heute wohl in allen größeren bakteriologischen Laboratorien und Untersuchungsanstalten mit Erfolg angewandt wird. Die eingehenden vergleichenden Untersuchungen Klingers[3]) im hiesigen Institute haben nämlich zur Genüge bewiesen, daß dem Malachitgrünverfahren gegenüber den anderen gebräuchlichen Methoden unbedingt der Vorrang zuerkannt werden muß, indem seine Anwendung in ca. 70% der Fälle die Züchtung der Typhusbazillen aus den Fäces ermöglicht. Die weitere Arbeit von Löffler[4]), welche nach Beendigung unserer Versuche erschien, und die wir deswegen nicht berücksichtigen konnten, brachte dann noch wichtige Bereicherungen.

Wenn das Malachitgrünagar trotz seiner Vorzüge nicht als Idealnährboden für Typhusbazillen bezeichnet werden darf, so ist das einer Reihe von Nachteilen zuzuschreiben, welche diesem Verfahren zweifellos anhaften. Abgesehen davon, daß einerseits eine relativ nur geringe Menge Material zur Verarbeitung gelangt, können andererseits etwa vorhandene einzelne Typhuskeime durch andere Darmbakterien leicht überwuchert werden, zumal das Malachitgrün gegenüber gewissen Antagonisten des Eberthschen Stäbchens, z. B. dem Bacillus pyocyaneus, dem Bacillus jasmino-cyaneus, seine hemmende Wirkung nicht bewährt. Aber auch die verschiedenen Koliarten zeigen gegenüber dem schädigenden Einfluß des Malachitgrüns ein durchaus ungleiches

---

[1]) **Löffler, Deutsche med. Wochenschrift 1903, Nr. 36, Vereinsbeilage.**
[2]) **Lentz und Tietz, Münchener med. Wochenschrift 1903, Nr. 49.**
[3]) **Klinger, Inaug.-Diss. Straßburg 1904.**
[4]) **Löffler, Deutsche med. Wochenschrift 1906, Nr. 8.**

Verhalten, sodaß beinahe immer auf den Platten zahlreiche koliähnliche Kolonien anzutreffen sind.

Während diese zuletzt angeführten Nachteile dem Malachitgrün im besonderen zuzuschreiben sind, ist die Unmöglichkeit, eine größere Menge Material zu verarbeiten, eine Schattenseite des festen Nährbodens im allgemeinen. Es erschien uns deshalb die Annahme berechtigt, daß eine Verbesserung dieser Unzulänglichkeiten vielleicht zu erzielen wäre durch ein flüssiges, ebenfalls eine kolihemmende Substanz enthaltendes Nährsubstrat, welches die Untersuchung einer größeren Quantität Fäces gestattet, ferner den einzelnen Typhusindividuen einen größeren Spielraum zur Entwickelung gewährt und sie vor Überwucherung durch andere Darmbakterien schützt, indem es das Wachstum der letzteren wenigstens teilweise zurückhält. Bevor wir auf diese Versuche eingehen, möchten wir einige Untersuchungen über den Antagonismus zwischen dem Typhusbazillus und dem Bacillus jasmino-cyaneus resp. Bacillus prodigiosus, an dieser Stelle kurz erwähnen.

Bei Gelegenheit früherer Wasser- und Fäcesuntersuchungen hatte sich die Gegenwart zweier Bakterienarten, welche den Nachweis der Typhuskeime auf den Platten durch Überwuchern unmöglich machen, in der störendsten Weise bemerkbar gemacht. Es sind dieses die von Gaehtgens[1]) beschriebenen Bacillus flavo-aromaticus und Bacillus jasmino-cyaneus, eine intensiv nach Jasmin riechende Varietät des Bacillus pyocyaneus. Der zwischen ihnen und dem Eberthschen Stäbchen bestehende Antagonismus deutete auf die Möglichkeit hin, sie praktisch zur Unschädlichmachung von Typhusbazillen in Gruben, deren Inhalt durch die Exkrete Typhuskranker infiziert worden war, zu verwenden. Zu den diesbezüglichen Untersuchungen wurden außer den genannten Bakterienarten noch der Bacillus pyocyaneus, der Bacillus prodigiosus und der Bacillus proteus hinzugezogen.

Zunächst wurden nach der Versuchsanordnung von Lode[2]) Agarplatten dicht mit Typhusbazillen besät und auf die Oberfläche des Nährsubstrates kleine Mengen der fünf erwähnten Bakterienarten in Form von einigen Impfstrichen gebracht. Die Platten gelangten dann nach 24- und 48stündigem Wachstum bei 24 ° und 37 ° zur Besichtigung. Die mit Bacillus flavo-aromaticus und Bacillus proteus beschickten Platten boten nichts Absonderliches dar, indem durch die zarte Schicht der oberflächlich aufgetragenen Bakterien hindurch in der Tiefe zahlreiche gleichmäßig verteilte, gut ausgebildete Typhuskolonien zu erkennen waren. Bei den anderen Platten hingegen war bei makroskopischer Betrachtung im Bereiche der Antagonisten eine bedeutende Abnahme, teilweise sogar ein völliges Fehlen der Typhuskolonien zu bemerken, während sie sich am Rande der Platte in normaler Weise und Menge ausgebildet hatten. In Übereinstimmung damit stand das mikroskopische Bild, welches durch den gleichmäßigen, dünnen Oberflächenrasen hindurch in der Tiefe nur vereinzelte kümmerlich entwickelte Typhuskolonien erkennen ließ, die sich erst außerhalb der Antagonistenzone wieder in normaler Ausbildung und dichter Anordnung fanden.

---

[1]) Gaehtgens, Zentrbl. f. Bakt. Bd. 38, 1905.

[2]) Lode, Zentrbl. f. Bakt. Bd. 33, 1903.

Am stärksten ließ sich diese Wirkung feststellen bei den mit dem Bacillus jasmino-cyaneus, schwächer bei den mit Bacillus prodigiosus und Bacillus pyocyaneus besäten Platten.

Es ist nun nach den Ergebnissen Bertarellis[1]) über den Antagonismus zwischen Prodigiosus und Milzbrand wahrscheinlich, daß auch die schädigenden Eigenschaften des Prodigiosus auf den Typhusbazillus hauptsächlich an den Bakterienkörper gebunden sind und in nur geringem Maße den Filtraten eigen sind; daneben wäre vielleicht noch an eine Erschöpfung des Nährbodens durch den Prodigiosus infolge rascheren Wachstumes zu denken. Bei den anderen Bakterien ist aber wohl vornehmlich die Wirkung der Stoffwechselprodukte in Betracht zu ziehen, da in den Filtraten mehrtägiger Jasmino-cyaneuskulturen eine Entwicklung der Typhusbazillen überhaupt nicht stattfand, während das Gleiche für den Bacillus pyocyaneus durch die Untersuchungen von Emmerich und Löw[2]) bekannt ist.

Von diesen drei Bakterienarten konnte für unsern oben erwähnten Zweck nur der Bacillus prodigiosus in Betracht kommen, da die Pathogenität des Pyocyaneus und Jasmino-cyaneus ihre praktische Verwendung nicht ratsam erscheinen ließ. Es wurden nun in zahlreichen Versuchen Typhus- und Prodigiosusstäbchen über einen längeren Zeitraum hinaus zusammen gezüchtet, und täglich Proben dieser Mischkulturen untersucht. Das endgültige Resultat dieser Untersuchungen war, daß eine in eine 24stündige Typhusbouillon gebrachte Öse Prodigiosusagarrasen die Eberthschen Stäbchen so vollständig überwucherte, daß sie vom neunten Tage ab nach den zur Verfügung stehenden Methoden nicht mehr nachweisbar waren. Zur Sicherheit beschlossen wir noch das Tierexperiment heranzuziehen und impften drei Meerschweinchen von ca. 300 g subkutan mit $^1/_2$, 1 und 2 ccm einer solchen 12tägigen Mischkultur, während drei weitere Tiere zur Kontrolle die gleichen Dosen einer Prodigiosusreinkultur erhielten. Nach zwei Tagen ging das mit 2 ccm Mischkultur geimpfte Tier zugrunde; aus dem Herzblute, dem Peritonealsafte und der ödematösen Flüssigkeit an der Infektionsstelle ließen sich neben Prodigiosus zahlreiche Typhusbazillen züchten. Am siebenten Tage wurden die übrigen Tiere getötet. Bei den mit Mischkultur geimpften ließen sich wie bei dem ersten aus dem Blute, dem Peritonealsafte und der ödematösen Flüssigkeit neben Prodigiosus Typhusbazillen züchten, während sich bei den Kontrolltieren lediglich Prodigiosusstäbchen im subkutanen Eiter an der Injektionsstelle nachweisen ließen. Daß die mit $^1/_2$ und 1 ccm Mischkultur geimpfen Tiere an der Typhusinfektion zugrunde gegangen wären, ist unwahrscheinlich, da sich eine auffallende Erkrankung am siebenten Tage nicht zeigte. Für unseren Zweck war das aber gleichgültig, da uns lediglich die Frage interessierte, ob in der Mischkultur noch Typhusbazillen waren oder nicht. Eine Bejahung dieser Frage hatte uns hier nur das Tierexperiment gebracht, während alle anderen Nachweismittel versagten. Wir nahmen deshalb von einer Fortsetzung der Versuche über den Antagonismus vorderhand Abstand und wandten uns wieder unseren ursprünglichen Untersuchungen zu über die Vervollkommnung der Methoden, die Typhusbazillen aus den Fäces zu züchten.

---

[1]) Bertarelli, Zentrbl. f. Bakt. Bd. 34, 1903.

[2]) Emmerich und Löw, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 31, 1899.

Bereits früher hatten wir umfangreiche Versuche mit Zitronensäure ausgeführt, ferner mit Trikarballylsäure, welche nach Maaßens[1]) Angabe Typhusbazillen weniger als Colibakterien beeinflussen sollte. Da uns indessen die Ergebnisse dieser Untersuchungen dem Ziele nicht näher brachten, beschlossen wir den Einfluß des Malachitgrünes, als des zu diesem Zwecke am brauchbarsten erscheinenden Mittels, auf Typhus- und Colibakterien in flüssigen Nährmedien zu untersuchen.

Als Ausgangspunkt diente uns die normale, nicht alkalisierte Löfflersche Nährbouillon, welcher vor jedem Versuche verschiedene Mengen Normalnatronlauge und Malachitgrün zugesetzt wurden. Es gelangte eine 0,5 % alkoholische Malachitgrünlösung (Malachitgrün extra rein aus Höchst) zur Verwendung, von der ein Zusatz von 0,2 % die Typhusbazillen ungestört sich entwickeln ließ, die Colibakterien aber nahezu vollständig hemmte. Es sei hier gleich erwähnt, daß das Malachitgrün erst kurz vor dem Versuche der Nährlösung zugesetzt werden durfte, da in einer 20 Stunden im Eisschrank aufbewahrten Malachitgrünbouillon auch Colibakterien üppiges Wachstum zeigten. Offenbar verliert das Malachitgrün unter länger andauerndem Einfluß der Luft seine wirksamen Eigenschaften, während dieses bei der luftdicht verschlossenen alkoholischen Stammlösung auch nach wochenlangem Aufbewahren nicht beobachtet werden konnte. Als Reaktionsoptimum erwies sich eine Alkalinität von 1 % Normalnatronlauge (eine Bestätigung der Klingerschen Bestimmungen) unter dem Phenolphtaleïnneutralpunkte, was einer leichten Blaufärbung von rotem Lackmuspapier von Helfenberg entspricht. Wegen der einfachen Handhabung behielten wir diese letztere Art der Reaktionsbestimmung mit Lackmuspapier für unsere Untersuchungen mit Fäces bei, wo sie sich in der Folge auch als völlig ausreichend erwies.

Diese Vorversuche hatten gezeigt, daß das Malachitgrün seine colihemmende Wirkung wie auf festem, so auch im flüssigem Nährmedium auszuüben imstande ist. Die Aufgabe weiterer Untersuchungen war es jetzt, die Leistungsfähigkeit der Malachitgrünbouillon gegenüber dem Malachitgrünagar auf Grund vergleichender quantitativer Bestimmungen, sowie die praktische Verwendbarkeit der Bouillon bei der Fäcesuntersuchung zu prüfen.

Die quantitativen Untersuchungen wurden in der Weise ausgeführt, daß verschiedene Mengen von Typhusbazillen und von normalen, mit physiologischer Kochsalzlösung verdünnten Fäces in 200 ccm Malachitgrünbouillon eingesät, resp. auf einer Malachitgrünagarplatte ausgestrichen wurden. Natürlich wurden immer zur Bestimmung der Keimzahl Kontrollplatten angelegt. Nach 24stündigem Wachstum bei 37° C wurden von der Bouillon und der Agarplatte, welche immer mit 10 ccm physiologischer Kochsalzlösung abgeschwemmt wurde, je 3 Ösen auf 2 Endoplatten ausgestrichen. Gleich bei einem der ersten Versuche zeigte sich die Notwendigkeit, die Typhusbazillen und Fäces getrennt in das Nährsubstrat zu bringen, da die bakteriziden Kräfte des künstlich infizierten Stuhles unter Umständen schon nach einer Stunde die eingebrachten Typhuskeime vernichtet haben. In nachstehender Tabelle seien einige Ergebnisse unserer Versuche wiedergegeben:

---

[1]) Maaßen, Arbeiten aus dem kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. 12, 1896.

Versuch	Aussaat	Malachitgrünagar	Malachitgrünbouillon
III.	3000000 Fäceskeime + 158 Ty	† (1 Kolonie)	† T (10 Kolonien)
	„ „ + 370 Ty	†	†
	„ „ + 925 Ty	†	†
IV.	300 000 „ + 60 Ty	0	† (sehr viel)
	„ „ + 180 Ty	† (2 Kolonien)	† „ „
	„ „ + 300 Ty	† (10 „)	† „ „
VII.	3 000 000 „ + 100 Ty	†	†
	„ „ + 300 Ty	†	†
	„ „ + 500 Ty	†	†
IX.	100 000 „ + 60 Ty	0	0
	„ „ + 120 Ty	0	0
	„ „ + 300 Ty	0	† (wenige)

† = Typhus positiv.

Diese Resultate entscheiden zunächst ohne Zweifel zugunsten des flüssigen Nährmediums. Während die Bouillon nur in 2 Fällen (Versuch IX) die Isolierung der Typhuskeime nicht ermöglichte, versagte das Agar 4 Male (Versuch IV und IX) völlig und stand in 2 weiteren Fällen (Versuch IV) in seiner Leistungsfähigkeit bedeutend hinter der Bouillon zurück. Überhaupt ließen sich die Typhusbazillen im allgemeinen aus der Bouillon in größerer Menge züchten als aus der Agaraufschwemmung. Zugleich aber machte sich (z. B. bei Versuch VII) ein Nachteil der Bouillon bemerkbar, der für die Beurteilung der Methode nicht ohne Bedeutung sein durfte. Neben den Typhuskeimen kamen nämlich zuweilen typhusähnliche Kolonien zur Entwickelung, welche die Identifizierung der Eberthschen Stäbchen in erheblichem Maße erschwerten, während auf den Malachitgrünplatten meist nur Colibakterien wuchsen, deren Unterscheidung von den Typhusbazillen auf der Endoplatte keine Schwierigkeiten machte. Immerhin durfte man auf Grund dieser Ergebnisse hoffen, die Malachitgrünbouillon bei der Fäcesuntersuchung mit Erfolg in Anwendung zu bringen.

Bevor wir auf diese Untersuchungen eingehen, sei eines Umstandes Erwähnung gethan, der sich bei einem Vergleiche der Aussaatzahlen ergibt. Auffällig ist hierbei, wie durchaus verschieden die Leistungsfähigkeit sowohl des flüssigen, als auch des festen Nährsubstrates nach den einzelnen Versuchen beurteilt werden muß. Während sich im Versuch VII 100 Typhusbazillen aus einem Gemisch von 3000000 Fäceskeimen ohne Mühe isolieren ließen, was einem Verhältnis von 1 : 30000 entspricht, war dieses im Versuche IX nicht möglich, obwohl hier auf 1 Eberthsches Stäbchen nur ca. 1000 Darmbakterien kamen, die Wachstumsbedingungen also scheinbar günstigere sein mußten. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei einem Vergleiche der übrigen Resultate mit denen des Versuches VII. Es ergibt sich daraus der Schluß, daß wir bei der Isolierung von Typhusbazillen aus Fäces mit einer Reihe von Faktoren rechnen müssen, welche die Züchtung der Eberthschen Stäbchen unter Umständen erschweren, oder ganz unmöglich machen. Diese Faktoren, zu welchen wir die bakteriziden Kräfte des Stuhles, schädliche Stoffwechselprodukte anderer Mikroorganismen, das Überwuchern

der letzteren usw. zu zählen haben, werden durch die jeweilige Beschaffenheit der Fäces bedingt und entziehen sich daher unserer Kontrolle. Einmal folgt daraus, daß auf eine einmalige Untersuchung mit einem künstlich infizierten Stuhle zur Prüfung einer Methode gar nichts zu geben ist, vielmehr erst eine größere Anzahl von solchen Versuchen zur Beurteilung eines Verfahrens berechtigt, obwohl der Wert dieser Bestimmungen auch immer nur ein relativer bleibt. Erst die Untersuchung einer größeren Menge von Typhusstühlen selbst darf den absoluten Maßstab zur Bewertung einer Methode geben. Andererseits kann uns auch ein scheinbar sehr leistungsfähiges Verfahren ein Fehlen der Typhusbazillen im Stuhle vortäuschen, sobald einer der obigen Faktoren in Wirksamkeit tritt und die Isolierung der Krankheitserreger vereitelt.

Diese Folgerungen erfuhren ihre Bestätigung durch umfangreiche Untersuchungen der Fäces von Typhuskranken und Bazillenträgern in Malachitgrünbouillon und auf Malachitgrünagar. Die Versuche ergaben übereinstimmend, daß, entgegen den obigen Resultaten der quantitativen Untersuchungen, die Anwendung der Bouillon gegenüber dem Agar keine Vorteile bietet. Vielmehr war die Zahl der in der Bouillon zur Entwickelung gelangten typhusähnlichen Keime, sowie mancher Coliarten oft viel größer als auf dem Agar, sodaß die Identifizierung der Typhusbazillen dadurch erheblich schwieriger wurde. Ein Versagen der Bouillon, wo das Agar ein positives Resultat lieferte, wurde hingegen nicht beobachtet, vielmehr trat einmal das Gegenteil ein. Während die Untersuchung des 3 Monate im Eisschranke aufbewahrten Stuhles eines Paratyphuskranken auf Malachitgrünagar ergebnislos war, ermöglichte die Züchtung in Bouillon noch die Isolierung der Parathypusbazillen (Typus B). Allerdings war der Erfolg hier lediglich dem Umstande zuzuschreiben, daß eine Menge von ca. 20 ccm Fäces zur Verarbeitung gelangte und die Zahl der übrigen Darmbakterien infolge der langen Aufbewahrung bei Eisschranktemperatur stark reduziert war. Trotz dieses Erfolges müssen wir aber doch sagen, daß die Vorzüge der Malachitgrünbouillon vor dem Agar nicht so bedeutend sind, daß ihre Verwendung unbedingt empfohlen werden könnte. Auch der Versuch, die Leistungsfähigkeit der Malachitgrünbouillon durch den Zusatz kleiner Mengen von Karbolsäure zu heben, mißlang, indem dadurch die Typhusbazillen ebenso stark wie andere Bakterien geschädigt wurden.

Es erübrigt noch zu sagen, daß wir auch den Versuch machten, die Malachitgrünbouillon zur Isolierung der Typhusbazillen aus Wasser zu verwenden. Von besonderem Vorteile erschien uns für solche Untersuchungen der Umstand, daß die Zahl der Wasserkeime nach halbstündigem Aufenthalt im Wasserbade von 45^0 C um nahezu $^2/_3$ abnimmt, während die Eberthschen Stäbchen diese Temperatur ohne Schaden vertragen. Indes haben unsere Versuche trotz dieses Hilfsmittels nicht zu günstigen Resultaten geführt.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen war also in einer Hinsicht ein negatives, indem es uns von der Unmöglichkeit überzeugte, die Leistungsfähigkeit des Malachitgrünes durch Verwendung eines flüssigen Bouillonnährsubstrates zu heben. Andererseits lehren unsere Versuche, daß auf Grund quantitativer Bestimmungen nicht die praktische Verwendbarkeit einer Methode beurteilt werden darf. Schließlich geben die Untersuchungen auch einen Maßstab für die Brauchbarkeit des Malachitgrünes als

diagnostischen Hilfsmittels, welches unter günstigen Umständen, wenn keiner der oben genannten Faktoren die Isolierung der Krankheitserreger erschwert oder unmöglich macht, in der Tat außerordentlich günstige Wachstumsbedingungen für die Typhusbazillen durch Hemmung anderer Darmbakterien zu schaffen imstande ist. Diese Erwägung deutet zugleich auf die großen Schwierigkeiten hin, auf welche die Versuche, einen Spezialnährboden für Typhusbazillen herzustellen, immer stoßen werden, indem man mit einem Mittel, welches die Eberthschen Stäbchen zwar vor dem Überwuchern durch andere Mikroorganismen, nicht aber vor den schädigenden Stoffwechselprodukten letzterer und vor den bakteriziden Kräften des Stuhles zu schützen imstande ist, das erstrebte Ziel wohl kaum erreichen wird.

Straßburg i. E., April 1906.

Aus der bakteriologischen Untersuchungsanstalt für Unterelsaß.
Oberleiter: Professor Dr. Forster.

Zur Frage der Beziehungen zwischen Typhus und Paratyphus.

Von

Dr. Fornet,

Oberarzt beim 2. Schlesischen Feldartillerie-Regiment Nr. 42, kommandiert zur Anstalt.

Im Laufe des Sommers 1906 hatte die Straßburger Bakteriologische Untersuchungsanstalt wiederum Gelegenheit, eine Massenerkrankung zu beobachten. Obwohl aus äußeren Gründen die bakteriologischen Untersuchungen sehr beschränkt werden mußten, erscheint doch die kleine, in einem Luftkurort aufgetretene Epidemie in verschiedener Hinsicht bemerkenswert.

In einem Hôtel erkrankten zu gleicher Zeit etwa 20 Personen unter mäßig heftigen Magendarmerscheinungen, welche innerhalb weniger Tage zurückgingen. Die Blutuntersuchung, welche nur bei drei zum Dienstpersonal gehörenden Erkrankten vorgenommen werden konnte, ergab eine positive Agglutination für Paratyphus B (1 : 100), während Typhus- und Paratyphus-A-Bazillen auch von schwächeren Verdünnungen des Serums nicht agglutiniert wurden. Die Züchtung (1) aus den Blutkuchen, sowie die mehrfachen Stuhl- und Urinuntersuchungen verliefen ergebnislos. Als gemeinsame Infektionsquelle für sämtliche 20 Personen kamen nur zwei Nahrungsmittel und zwar Kartoffelsalat oder eine Vanille-Griesspeise in Frage; eine Infektion durch Wasser oder Milch konnte ausgeschlossen werden. Bei der Vornahme der Untersuchungen waren die betreffenden Speisen nicht mehr erhältlich; die bakteriologische Untersuchung des noch vorrätigen Gries und der Vanille fielen negativ aus. Obwohl es also nicht gelang, den Paratyphus-B-Bazillus zu isolieren, so muß doch wohl nach dem Verlauf der Agglutination und in Analogie mit einer früher von der Anstalt gemachten Beobachtung auch in diesem Falle der Paratyphus-B-Bazillus als Ursache der Nahrungsmittelvergiftung angesehen werden. — Auffallenderweise erkrankte nun etwa acht Tage später in demselben Hôtel ein Herr St. unter typhusverdächtigen Erscheinungen. Er wurde in die Straßburger medizinische Klinik verbracht; die vorgenommenen bakteriologischen Untersuchungen fielen zunächst negativ aus, erst am Ende der dritten Woche trat eine Agglutination für Typhus (1 : 100) auf. Eine Isolierung des Krankheitserregers aus dem Blut oder den Fäces gelang trotz wiederholter Untersuchungen nicht. Da dieser Typhusfall ebensowie die Paratyphuserkrankungen

auf eine im Hôtel selbst befindliche Infektionsquelle hinwiesen, wurden zur Auffindung eines etwa vorhandenen Bazillenträgers auch die gesund gebliebenen Angestellten des Hauses in ausgedehntem Maße bakteriologisch untersucht, ohne daß es jedoch schon jetzt gelang, einen Typhus- oder Paratyphusbazillenträger unter ihnen ausfindig zu machen.

Diese wenigen Daten würden an und für sich eine Besprechung an dieser Stelle kaum rechtfertigen, wenn nicht einige Monate später, nach Schluß der Saison, ein in demselben Dorfe aufgetretener Typhusfall unseren schon früher gehegten Verdacht auf einen Bazillenträger von neuem bestärkt hätte. Die weiteren Nachforschungen ergaben nun, daß die Mutter dieses Typhuskranken vor 20 Jahren ebenfalls einen Typhus durchgemacht hatte; und durch die vorgenommene bakteriologische Untersuchung wurde tatsächlich die Anwesenheit von Typhusbazillen in ihrem Stuhlgang festgestellt. Es erscheint daher die Annahme berechtigt, daß die Frau seit 20 Jahren Typhusbazillenträgerin war, zumal aus der Literatur und durch die eigenen Untersuchungen der Anstalt auch sonst Fälle von derartig lange dauernder Ausscheidung von Typhusbazillen nach einmal überstandenem Typhus bekannt geworden sind.

Unsere Vermutung, daß außer dem letztgenannten Typhusfall auch die eingangs erwähnten Typhus- und Paratyphus-Erkrankungen auf diese Bazillenträgerin zurückzuführen seien, gewann an Wahrscheinlichkeit durch die erst jetzt festgestellte Tatsache, daß die betreffende Frau während der fraglichen Zeit in der Küche desselben Hôtels beschäftigt gewesen war; bei der seinerzeit vorgenommenen Durchuntersuchung des Dienstpersonals war sie uns deswegen entgangen, weil sie nur aushilfsweise im Hôtel tätig war und nicht im Hause selbst wohnte.

Wenn es auch auf den ersten Blick gewagt erscheint, ursächliche Beziehungen zwischen einer Typhusbazillenträgerin und einer Massenerkrankung an Paratyphus B anzunehmen, so gewinnt diese Ansicht doch an Wahrscheinlichkeit, wenn man die von Conradi (2), Kayser (3) und Gaehtgens (4 u. 5) veröffentlichten Fälle in Betracht zieht, in denen bei Typhuskranken während der Krankheit selbst, in der Rekonvaleszenz oder nach erfolgter Genesung Paratyphus-B-Bazillen im Stuhlgang nachgewiesen worden sind; ganz abgesehen davon, daß von der Anstalt mehrfach bei Personen, welche in der Umgebung eines Typhuskranken lebten, Paratyphusbazillen im Stuhl gefunden worden sind. Hierzu kommt noch einerseits, daß das Blut unserer Typhusbazillenträgerin nicht Typhusbazillen, wohl aber Paratyphus-B-Bazillen in einer Verdünnung von 1 : 100 agglutinierte, und andererseits, daß neben den Paratyphuserkrankungen auch ein Typhusfall vorgekommen war.

Vergegenwärtigt man sich außerdem die Tatsache, daß der Paratyphus-B-Bazillus unter Umständen dieselben klinischen Erscheinungen, dieselben pathologisch-anatomischen Veränderungen hervorrufen kann, und daß das Blutserum Typhuskranker nicht selten den Paratyphus-B-Bazillus mit agglutiniert, so wird man unwillkürlich dazu geführt, epidemiologische Beziehungen zwischen Typhus und Paratyphus-B anzunehmen. Welcher Art diese Beziehungen auch sein mögen, ob die Anwesenheit des einen Mikroorganismus ein prädisponierendes Moment für das Auftreten des anderen abgibt, oder ob das gleichzeitige Vorkommen beider Bazillen in einem Organismus durch die

gleichen Lebensbedingungen beider erleichtert wird, jedenfalls verdienen diese Beziehungen in allgemein-hygienischer Hinsicht das allergrößte Interesse; denn wenn auch die Paratyphus-B-Erkrankungen im allgemeinen leichter als der Abdominaltyphus verlaufen, so steht doch fest (6), und wird auch durch die eigenen Untersuchungen der Anstalt bestätigt, daß der Paratyphuskranke noch häufiger zum Bazillenträger wird, als der Typhuskranke.

Nimmt man hierzu die sich stetig mehrende Zahl von Massenerkrankungen, in denen der Paratyphus-B-Bazillus als Erreger nachgewiesen worden ist (7 bis 10), so gewinnen die auch in unserem Fall angedeuteten Beziehungen zwischen Typhus und Paratyphus eine allgemeinere Bedeutung und fordern zu weiteren Beobachtungen in dieser Richtung auf.

Literatur.

1. Fornet, Ein Beitrag zur Züchtung von Typhusbazillen aus dem Blut. Münchener medizinische Wochenschrift 1906, Nr. 22.
2. Conradi, Deutsche medizinische Wochenschrift 1904, Nr. 32.
3. H. Kayser, Über den Typhus A des Bacterium paratyphi usw. ibid. 1904, Nr. 49.
4. Gaehtgens, Über einen Fall von Mischinfektion von Typhus und Paratyphus. Zentralblatt für Bakteriologie I. Abt. Orig. Bd. XL, Heft 5.
5 Derselbe, siehe dieses Heft.
6. O. Lentz, Beiträge zur Differentialdiagnose des Paratyphus. Zentralblatt für Bakteriologie. I. Abt. Refer. Bd. XXXVIII, Beilage.
7. Vagedes, Mehlspeisenvergiftung und Paratyphus B. Klinisches Jahrbuch 1905.
8. E. Levy und Fornet, Nahrungsmittelvergiftung und Paratyphus. Zentralblatt für Bakteriologie. I. Abt. Orig. Bd. XLI, Heft 2.
9. Rolly, Über eine Massenvergiftung mit Bohnengemüse. Münchener medizinische Wochenschrift 1906, Nr. 37.
10. Netter et Ribadeau-Dumas, Intoxications alimentaires. Vortrag auf dem I. Internationalen Kongreß für Nahrungshygiene. Paris 1906.

(Aus der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg i. Els. Oberleiter: Prof. Dr. Forster.)

Über die Beziehungen des Paratyphus zum Typhus.

Von

Prof. Dr. E. Levy und **Dr. Walter Gaehtgens.**

Nach dem jetzigen Stand unserer Kenntnisse muß die Bedeutung der Paratyphusbazillen nach zwei Richtungen hin beurteilt werden. Man hat in ihnen einerseits in häufigen Fällen die Erreger von Nahrungsmittelvergiftungen zu sehen, die unter gastroenteritischen Erscheinungen verlaufen und andererseits die Erreger eines Krankheitsbildes, das klinisch dem Abdominaltyphus durchaus gleicht. In Paratyphusepidemien kann es vorkommen, daß die Patienten trotz der gemeinschaftlichen Infektion zum Teil die Symptome der akuten Gastroenteritis, zum Teil diejenigen des Abdominaltyphus darbieten. Der Paratyphus ist, wie zahlreiche Erfahrungen lehren, von Person zu Person übertragbar, es sind wiederholt Ketten von Erkrankungen beobachtet worden, die zweifellos auf Kontakt zurückgeführt werden mußten. Die Forderung erscheint also berechtigt, daß für Paratyphus genau dieselben Absonderungs- und Desinfektionsmaßregeln durchzuführen sind, wie für den Abdominaltyphus und von diesem Standpunkt aus ist gegen die Einbeziehung der Paratyphusfälle in die Typhusbekämpfung nichts einzuwenden. Während aber durch derartige Vorkehrungen der Schutz der Umgebung genügend gesichert wird, scheint uns das Wohl der Paratyphuspatienten selbst bisher nicht hinreichend berücksichtigt worden zu sein, wenn, wie es wohl vorläufig an allen Spitälern üblich ist, Typhus- und Paratyphuspatienten gemeinsam in einem Raum verpflegt werden.

Trotz des gleichen Krankheitsbildes haben wir es bei Typhus und Paratyphus mit verschiedenen Infektionserregern zu tun. Wir müssen daher stets mit der Möglichkeit einer Ansteckung der Kranken der einen Kategorie durch diejenigen der anderen rechnen. Die Experimente von Kutscher und Meinicke[1]) haben gezeigt, daß es nicht gelingt, Meerschweinchen durch Paratyphusbazillen B gegen Typhusbazillen, ja nicht einmal durch Typhusbazillen gegen Paratyphusbazillen aktiv zu immunisieren. Dagegen erzeugten Paratyphusbazillen

[1]) Kutscher und Meinicke. Vergleichende Untersuchungen über Paratyphus-Enteritis Mäusetyphusbakterien und ihre immunisatorischen Beziehungen. Zeitschr. f. Hyg. und Infektionskrankheiten. 52. Bd. 1906.

B und Mäusetyphusbazillen wohl gegen einander eine aktive Immunität. Es geht also auch aus diesen Versuchen hervor, daß Paratyphus B und Mäusetyphus viel näher miteinander verwandt sind als Paratyphus und Typhus, eine Tatsache, auf welche auch die übrigen biologischen Verhältnisse mit aller Schärfe hinweisen. Vom experimentellen Standpunkt aus muß also die Ansteckungsmöglichkeit zwischen Typhus- und Paratyphuspatienten zugegeben werden und dies um so eher, als durch die erstbestehende Krankheit die natürlichen Widerstandskräfte des Organismus ja entschieden herabgesetzt werden und so vielleicht gerade eine Disposition für eine neu auftretende Infektion sich einstellt.

Den praktischen Beweis für diese Annahme glauben wir durch zwei von der hiesigen Anstalt beobachtete, in der Typhusabteilung verpflegte Fälle liefern zu können.

Der erste Fall ist von A. Brion u. H. Kayser[1]) in ihren klinisch-bakteriologischen Erfahrungen bei Typhus und Paratyphus erwähnt.

J. Cl. Zunächst ein in zwölf Tagen abklingender leichter Typhus resp. typhusähnliche Erkrankung. Fieberfreies Intervall und anscheinende Rekonvaleszenz bis zum 21. fieberfreien Tage, an diesem stellte sich unter schweren Krankheitserscheinungen hohes Fieber (40,5 ^{0}) ein; Roseolen Milz, Durchfälle. Dies zweite Fieberstadium dauert fünf Wochen an, es folgt nach nur zwei fieberfreien Tagen eine dritte Kontinua, die nach vier Wochen abklingt. Am 10. Krankheitstage agglutiniert das Serum den Bazillus Paratyphus A im Verhältnis 1 : 500, den Bacillus typhi 1 : 50. Aus dem Stuhl wird einzig der Bacillus paratyphi A gewonnen. Die Blutzüchtung verläuft negativ. Am 36. Krankheitstage sind folgende Agglutinationszahlen notiert: Paratyphus A, nach zwei Stunden, 1 : 100, Typhus, nach fünf Stunden, 1 : 100; am 41. Krankheitstag: Paratyphus A 1 : 50, Typhus 1 : 100, Paratyphus B 1 : 100; am 60. Krankheitstag Paratyphus A 1 : 100, Typhus 1 : 1000, Paratyphus B 1 : 500. Im Stuhle finden sich am 60. Krankheitstage Typhusbazillen, jedoch keine Paratyphusbazillen, weder A noch B. Im Urin werden vom 60.—130. Tage wiederholt nur Typhusbazillen gewonnen.

Bei der Erörterung dieses Falles halten auch Brion und Kayser eine Neuerkrankung für das wahrscheinlichste. Nach unserer Ansicht ist, so wie die Verhältnisse liegen, eine andere Deutung wohl kaum möglich. Man hatte es hier mit einem leichten Paratyphus A-Fall zu tun, der sich erst in der Rekonvaleszenz, in den 21, größtenteils auf dem Typhussaal zugebrachten, fieberfreien Tagen nachträglich mit Typhus infizierte.

Fall II. L. K. Es handelte sich auch hier zunächst um eine leichte Paratyphusinfektion, aber Typus B. Das Blut zeigte, wie ja häufig, am Ende der ersten Krankheitswoche noch keine agglutinierenden Eigenschaften, dagegen liessen sich am 9. Tage aus den Fäces die Paratyphusbazillen B züchten. Am 20. Krankheitstage war das Fieber verschwunden. Am 27. Krankheitstage stellte es sich wieder ein, am 32. Krankheitstage kam es zu einem Ausbruch von typischen Roseolen. Am 36. Tage zeigte Patientin die Zeichen einer Darmperforation. Operation. — Tod am 36. Krank-

---

[1]) A. Brion u. H. Kayser. Deutsches Archiv für klinische Medizin. 85. Bd. 1906.

heitstage. — — Bei der Autopsie fanden sich ziemlich zahlreiche Ulcera im Dünn- und Dickdarm, vier davon vernäht, frische, verschorfte und alte gereinigte durcheinander. Die einmal in der fieberfreien Periode ausgeführte Stuhl- und Urinuntersuchung verlief ergebnislos. Das bei der Operation gewonnene, zur Untersuchung eingesandte Exsudat agglutinierte Paratyphusbazillus B 1 : 200 (höhere Verdünnungen wurden nicht geprüft). Es konnten aus ihm weder Typhus- noch Paratyphusbazillen gezüchtet werden. Das Leichenblut agglutinierte nur Paratyphus B 1 : 500. Aus Blut und Knochenmark ließen sich weder Typhus- noch Paratyphusbazillen nachweisen. Die Untersuchung der Galle, der Milz und einer Mesenterialdrüse ergab Typhus- und Kolibakterien. Letztere sind wohl erst postmortal in die betreffenden Organe eingewandert.

In diesem zweiten Falle liegen die Verhältnisse scheinbar etwas verwickelter wie im ersten. Daß ein Paratyphus B im Beginn vorgelegen, ist zweifellos. Dafür sprechen: der Nachweis dieser Mikroorganismen im Stuhl, das anfängliche Fehlen und spätere Auftreten der Paratyphusagglutinine. Letztere haben dann, wie eigentlich selbstverständlich, in die neu hinzutretende Krankheitsphase noch hinübergereicht. Leider wurde der Anstalt während der fieberfreien Zeit kein Blut zur Untersuchung übermittelt. Um einen Paratyphusbazillenträger kann es sich nicht gehandelt haben, denn sonst hätten wir auch bei der zweiten Stuhluntersuchung mit der Malachitgrünanreicherung die Paratyphusbazillen doch mit großer Wahrscheinlichkeit gefunden, hätten wir weiter keinen so hohen Paratyphusagglutinationswert bekommen und wären schließlich wohl in der Lage gewesen, bei der Autopsie Paratyphusbazillen in der Gallenblase nachzuweisen. Für das Hinzutreten einer Neuinfektion spricht das Erscheinen der Roseolen am 32. Krankheitstage. Man hat hier den Ausdruck einer neuen Überschwemmung des Organismus mit Mikrobien vor sich. Daß diese Überschwemmung nicht durch die Paratyphusbazillen geschah, daß also bei der Neuinfektion kein Rezidiv vorlag, das beweist das vollständige Fehlen dieser Bazillen bei der bakteriologischen Leichenuntersuchung. Diese hat neben den akzidentellen Colibakterien nur die Anwesenheit von Typhusbazillen ergeben. Das Nichtvorhandensein von Typhusagglutininen erklärt sich zwanglos aus der Tatsache, daß der Tod bereits 11 Tage nach dem Beginn des zweiten Fieberanfalls eintrat. Das Agglutinationsphänomen tritt ja bei Abdominaltyphus bekanntermaßen selten früher als in der zweiten Krankheitswoche auf. Bei der Autopsie fanden sich frische, verschorfte und alte gereinigte Geschwüre nebeneinander vor. Die alten Geschwüre dürften wohl von der ersten Infektion, also von den Paratyphusbazillen, herrühren. Dieselben können in ihrem Heilungsprozeß durch die neu hinzutretende Typhusbazilleninfektion gestört, ja sogar wieder frisch in einen Reaktionszustand übergeführt worden sein. Hierin haben wir vielleicht die Ursache zu sehen, warum so verhältnismäßig früh nach Beginn des zweiten Anfalls die Darmperforation zustande kam. An eine von vornherein bestehende Mischinfektion von Paratyphus- und Typhusbazillen ist nicht zu denken, denn sonst hätten auch die ersteren Mikroorganismen in der Leiche vorhanden sein müssen. Wir glauben also nicht fehl zu gehen, wenn wir auch in diesem Falle annehmen, daß eine Paratyphuskranke sich durch das gemeinschaftliche Verpflegtwerden mit Typhus-

kranken mit Typhusbazillen infiziert und zwar leider tödlich infiziert hat. Es ist nicht unmöglich, daß der ungünstige Ausgang dadurch mit hervorgerufen wurde, daß die Infektion hier nicht wie im ersten Falle während der Rekonvaleszenz, sondern offenbar während der ersten Krankheit selbst stattgefunden hat, also zu einer Zeit, wo die Widerstandskräfte des Organismus in noch höherem Grade herabgesetzt sind.

Die beiden mitgeteilten Beobachtungen beweisen, daß sowohl während des Verlaufs, als auch während der Rekonvaleszenz einer Paratyphuserkrankung eine Neuinfektion mit Typhusbazillen hinzutreten kann. Es muß demnach entschieden auf eine getrennte Behandlung und Verpflegung von Paratyphus- und Typhuskranken gedrungen werden, um den unsrigen ähnliche Erfahrungen nach Möglichkeit zu vermeiden. Unsere Forderung erscheint auf den ersten Anblick merkwürdig und in der Praxis schwer durchführbar. Sie darf jedoch besonders unter Berücksichtigung des tödlichen Ausgangs des zweiten Falles nicht von der Hand gewiesen werden. Bei der relativen Seltenheit der Paratyphuserkrankungen läßt sich übrigens nach unserer Überzeugung die Unterbringung dieser Patienten in einem besonderen Raum ohne allzugroße Schwierigkeiten ermöglichen. Die Diagnose des Paratyphus bleibt, vorläufig wenigstens, der bakteriologischen Untersuchung vorbehalten. Wir sehen also auch hieraus, eine wie große Bedeutung in der Beurteilung des Typhus und der typhusähnlichen Krankheiten der Bakteriologie zukommt.

Eine Gleichstellung von Typhus und Paratyphus, wie dies zum Teil noch geschieht, erscheint uns ungerechtfertigt. Ebensowenig wie z. B. den Meningokokken und Pneumokokken bei der akuten Meningitis, kann den Typhus- und Paratyphusbazillen bei der klinisch kurz als Typhus bezeichneten Erkrankung die gleiche Bedeutung als Infektionserreger zuerkannt werden. Wir wiederholen daher auch den Vorschlag, welchen E. Levy auf der Konferenz der Leiter der Typhusuntersuchungsanstalten in Trier 1906 gemacht hat, daß für Typhus und Paratyphus eine getrennte Statistik geführt werden müsse.

Straßburg i. E., Dezember 1906.

Aus der bakteriologischen Anstalt zu Straßburg am Institut für Hygiene der Kaiser-Wilhelms-Universität. Oberleiter: Professor Dr. J. Forster.

Befunde bei der Autopsie eines Typhusbazillenträgers. — Autoinfektion. — Über die Behandlung der Leiche.

Von

Prof. Dr. E. Levy,
Leiter der Anstalt

und

Dr. H. Kayser,
Oberarzt im Inf.-Reg. 172, kommandiert zum Institut.

Im Laufe des letzten Jahres konnten wir an einer Kranken der Irrenanstalt Hördt eine Reihe von Beobachtungen machen, die wir zunächst historisch hier schildern möchten, um dann einige wesentliche Befunde eingehender zu besprechen[1]).

Die uns von Herrn Direktor Dr. Ransohoff, dem wir auch an dieser Stelle unseren verbindlichsten Dank aussprechen, zur Verfügung gestellte Krankengeschichte ist im Auszug folgende:

Am 25. III. 1893 wurde die 35jähr. Frau Bl. eingeliefert. Sie hat eine Fehlgeburt durchgemacht, sonst kann keine Anamnese erhoben werden, da sie nur über grobe Verhältnisse orientiert und ohne Familienbegleitung ist. Patientin hat mittlere Größe, ist regelmäßig gebaut, von gutem Ernährungszustande, Hautfarbe gewöhnlich. Einige Kopfwunden und Narben deuten auf Epilepsie. Im Laufe des Anstaltsaufenthaltes erlitt sie vielfach epileptische Anfälle und bot die Zeichen leichten Schwachsinnes. Ihr Wesen wird im übrigen als „larmoyantes", gereiztes bezeichnet, sie produziert vielfach hypochondrische Äußerungen, ist bisweilen sehr unruhig, wird öfters aggressiv gegen die Umgebung. Frau Bl. kam sofort in Brombehandlung (2—4 g pro die). — Seit dem Jahre 1900 beginnen Erscheinungen des Bromismus, welche auf vorübergehendes Aussetzen der Medikation zeitweise verschwinden. Es finden sich ferner mehrfache Krankengeschichtseinträge über chronische Obstipation.

Vom 10. IV. 1903 ab war die Patientin stärker körperlich leidend als je bisher. Sie nahm drei Tage nichts als etwas Wasser, hatte ständig Brechreiz, pelzig belegte Zunge, starke Obstipation. Auf flüssige Diät etwas Besserung.

Am 11. V. nahm man eine Temperaturmessung vor, da Patientin wieder schwerer krank war, und stellte abends 38,8° fest, am 12. V. war die Temperatur morgens 38,4°, abends 39,8°. Von diesem Tage ab folgte ein langsam abfallendes remittierendes Fieber, das am Anfang Juni zur Norm abgesunken ist. Herr Dr. Ransohoff stellte die Diagnose: Abdominaltyphus. — Pyramidon 1—3 mal 0,25. — Diät.

15. V. 03. Zunge belegt, trocken. Puls klein. Obstipation. Milz nicht fühlbar. Starke körperliche Klagen. Leichte Somnolenz und Benommenheit. 27. V. 03. Zustand bessert sich langsam. Leichter Blutabgang mit dem Stuhl. Obstipation gewichen. Leib nicht mehr aufgetrieben. Über beiden Unterlappen leichte Schalldämpfung und Rasselgeräusche. Abends 38°.

[1]) Eine kurze vorläufige Mitteilung findet sich Münchener med. Wochenschr. S. 2434. 1906.

Keine Komplikationen des Gallensystems bisher. 3. VI. 03. Lungenerscheinungen im Rückgang. Puls voll 80, Appetit regt sich. Temperatur fast normal. 8. VI. mit fester Kost begonnen. Patientin bleibt fieberfrei. Auffällig sind starke Nachtschweiße.

Während des übrigen Jahres 1903 sowie 1904 und 1905 traten keinerlei Fiebererscheinungen, keine begründete Klagen auf außer über dauernde Stuhlverstopfungen. Gewöhnlich mehrere epileptische Anfälle in Monatsfrist, stets leicht, vielfach nur kurze Absencen. Der geistige Schwächezustand nimmt zu. Hautfarbe und Skleren dauernd normal.

Da sich in den Jahren 1904 und 1905 außerordentlich viel Typhusfälle in der Anstalt Hördt ereigneten, untersuchte unsere Anstalt systematisch Stuhl- und Urinproben aller Insassen der von der Endemie betroffenen Abteilungen. Am 16. X. 1905 fanden wir im Stuhl der Frau Bl. Typhusbazilllen. Desgleichen am 24. XI. 05, 25. I. 06, 6. II. 06, 2. III. 06, 20. III. 06, 9. IV. 06, 27. IV. 06, 28. V. 06, 11. VI. 06, 29. VI. 06. Urin war stets negativ.

Am 17. X. 05 wurde Frau Bl. auf Antrag der Anstalt nach der Baracke für ansteckende Kranke verlegt, wo sie zugleich mit andern von uns damals konstatierten Bazillenträgern isoliert gehalten ward. Laufende Desinfektion der Abgänge, Leib- und Bettwäsche nahm man wie bei Typhus vor. Im Jahre 1906 finden sich in der Krankengeschichte von Frau Bl. folgende weitere Einträge:

8. X. 06. Seit einigen Tagen große Gereiztheit, Patientin fühlt sich krank, unbestimmte Klagen über Schmerzen in der Magengegend. Nahrungsaufnahme verringert, Obstipation. Frau Bl. jammert zeitweise vor sich hin. Stomachica, Einlauf. Verhält sich sehr abwehrend gegen eine körperliche Untersuchung. 12. X. 06. Liegt zu Bett, reagiert auf keine Ansprache, passiven Bewegungen wird kein Widerstand entgegengesetzt. Reflexe normal. 13. X. 06. Nahrungsaufnahme sehr erschwert, Puls klein, frequent, stuporartiger Zustand. Koffein subkutan.

Am 15. X. 06 wird abends Fieber festgestellt. 16. X. 06. Morgens 38,5°, abends 37,9°. Angestrengtes Atmen. Lunge: R. H. U. Vereinzelte Rasselgeräusche unter gedämpften Partien. — Exzitantien, Einpackungen, Übergießungen. Auswurf wird nicht heraufbefördert. 17. X. 06. Dämpfung R. H. weiter nach oben reichend, Bronchialatmen. Tiefer Stupor. Reflexe normal. Temperatur 36,5° morgens, 38,4° abends. 18. X. 06. Morgens 39,2°. Stertoröses Atmen, Puls sehr klein, leicht zu unterdrücken. Nachmittags 4 Uhr Exitus letalis.

Obduktion[1]): 19. X. 06. 11 Uhr morgens (Herr Oberarzt Dr. Aumüller): Hirnbefund negativ. Sehr schlaffes Herz. Hypostatische Pneumonie des rechten Unterlappens. Atrophie des Dickdarms. Milz leicht vergrößert. Gallenblase gut gefüllt, wird zunächst nicht eröffnet. Sonst nichts bemerkenswertes. — Ein Teil der Leber mit Gallenblase sowie die Milz wurden auf unsere Bitte um Leichenmaterial, in getrennten Behältern sofort durch Boten nach Straßburg in unsere Anstalt geschickt, woselbst die Organe gegen 1 Uhr nachmittags ankamen.

Wir eröffneten die abgebrannte Gallenblase unter sterilen Kautelen, ebenso die Milz und die Leber. Die Galle (ca. 30 ccm) war leicht fadenziehend, schmutzig braun grün, führte Epithelien und Eiterkörperchen. Nach ihrem Abfließen entdeckten wir im Fundus der Blase frei liegend einen über doppelt bohnengroßen Gallenstein. An einzelnen Stellen hatte er runde bis zu erbsgroßen rauhe Erhabenheiten, sonst war er glatt, sah fleckig hellbraun aus. Wir untersuchten ihn nach Naunyns Vorschriften. Es war ein geschichteter Cholesterinstein. Auf dem Durchschnitt gelblich, sah er z. T. kristallinisch (radiäre Strahlung), z. T. glasig aus. Die Rinde war geschichtet, ganz außen erdig. Der Stein konnte mit einiger Mühe zerbrochen werden. Im Zentrum lagen dunkle amorphe Massen. Beim Behandeln des Steinpulvers mit heißem Alkohol blieben nur die äußersten erdigen Randschichten sowie ein Teil der Zentralpartien übrig, alles andere ging in Lösung (Cholesterin). Die Rindenpartien enthielten ziemlich viel Bilirubin.

Beim direkten Mikroskopieren fanden wir in Leberblut, Leber, Milz und Galle nur kurze Stäbchen z. T. mit Polfärbung.

---

[1]) Infolge zu später Benachrichtigung konnten wir leider an derselben nicht teilnehmen.

Wir spritzten vier junge Kaninchen von 1500—1800 g Körpergewicht subkutan mit je 2 ccm zerriebener in Bouillon aufgeschwemmter Leber, Milz und mit 2 ccm Galle. Sie wurden nach einem Tage schwer krank, erholten sich aber im Laufe von einer Woche wieder. Ihr Blut agglutinierte dann Typhusbazillen 1 : 100 prompt.

Aus Leberblut, Leber, Milz, Galle der Frau Bl. sowie aus der mehrfach gewaschenen Gallenblasenwand kultivierten wir nur Typhusbazillen und zwar in großer Menge. Sonstige Kolonien gingen weder auf Endoagar noch erstarrtem Blutserum oder den anderen gebräuchlichen Nährböden auf. Den unversehrten Gallenstein hingen wir in einer dünnen Fadenschleife ca. $^3/_4$ Minute in kochendes Wasser und zerbrachen ihn nach dem Herausnehmen mit sterilen Pinzetten. Die Randpartien und Teilchen aus dem Innern gaben wir getrennt in eine Anzahl Bouillonröhrchen. Die mit den Randpartien beschickten blieben steril, aus der Mitte des Gallensteins indessen wuchsen regelmäßig Typhusbazillen.

Unsere Befunde fordern zu der Behandlung einer Anzahl klinischer, bakteriologischer und sanitärer Fragen auf. Wir möchten zunächst die Natur der letalen Erkrankung erörtern. Aus den Resultaten der Leichenuntersuchung (19 Stunden nach dem Tode) muß geschlossen werden, daß Frau Bl. einer Allgemeininfektion mit Typhusbazillen erlegen ist. Dafür spricht der massige Nachweis von Typhusbazillen in der Milz und Leber zugleich mit dem Fieber- und Herzbefund, dem Fehlen von anderen pathologisch-anatomischen Erscheinungen, sowie der Abwesenheit anderer Krankheitskeime. Wir können annehmen, daß Frau Bl. ihre Typhusbazillen seit 1903 in der bei der Sektion als chronisch krank erwiesenen Gallenblase kultivierte und daß dieselben im Oktober 1906 ihren Weg von hier aus ins Blut genommen haben. Von alters her ist ja das gelegentliche Aufflackern infektiöser Allgemeinerkrankungen in Anschluß an Gallensteinleiden bekannt. Bei der verstorbenen Bazillenträgerin spricht noch eine Notiz in der Krankengeschichte für unsere Annahme: Am 8. X. 06 sind „unbestimmte Schmerzen in der Magengegend" notiert, Patientin jammert zeitweise vor sich hin. Diese Erscheinungen würden zu einem Gallensteinanfall passen, denn erfahrungsgemäß werden die Gallensteinkolikschmerzen nicht selten in die Magengegend verlegt. Die Körpertemperatur von Frau Bl. ist am 15. X. 06 zum ersten Mal gemessen worden, das konstatierte Fieber hatte aber gleich eine solche Höhe, daß man dessen Beginn einige Tage zurücklegen muß. Auf eine weitere Krankenbeobachtung wollen wir aufmerksam machen. Schon bei der ersten Typhusinfektion im Jahre 1903 war Somnolenz und Benommenheit in die Erscheinung getreten. Wie weit der bei der letalen Erkrankung notierte stuporartige Zustand auf Rechnung der verstärkten epileptisch-psychotischen Basis oder auf die des mitbeteiligten „Typhusvirus" zu setzen ist, kann nicht entschieden werden.

Alles zusammen genommen, beweist unser Fall von Typhussepsis bei einem Bazillenträger, daß auch diese Parasitenträger einer Autoinfektion verfallen können. Wir hatten bereits früher solche Vorkommnisse nach Typhus für wahrscheinlich erklärt mit Rücksicht auf die Tatsache, daß sich bei chronischen Bazillenträgern das Agglutinationsphänomen, wie wir beobachten konnten[2]) Jahre und Jahrzehnte lang erhalten hat.

Aus den Untersuchungen von Chiari[1]), Forster und Kayser[2]) und anderen

---

[1]) Chiari, Zeitschrift für Heilkunde, Bd. 15.

[2]) J. Forster und H. Kayser, Münchener Med. Wochenschr. 1905, Nr. 31.

geht hervor, daß — eine Typhussepsis als die totbringende Krankheit der Frau Bl. angenommen — unser Nachweis von Typhusbazillen in der Gallenblase wenig für die Sicherung der hiesigen Theorie[1]) vom Dauersitz der Typhusbazillen eines chronischen Trägers beweisen würde, wenn auch hier der pathologisch-anatomische Befund eines Gallensteinleidens allein schon wesentliche Bedeutung hat. Denn während des Typhusfiebers finden sich nach den obigen Arbeiten wohl regelmäßig von Blut gelieferte und der Leber ausgeschiedene Eberth-Gaffkysche Keime in der Galle. Zur Klärung der wichtigen Frage über den Dauervegetationsort der Typhusbazillen untersuchten wir darum das Innere des Gallensteins (s. oben) und die gelungenen Kulturen klären die Sachlage wesentlich. Im Kerne des Steines waren nämlich die Typhusbazillen nur dann zu erwarten, wenn die Annahmen Forsters und Kaysers zutrafen und die Keime lange vor der letalen Sepsis in der Gallenblase wucherten. Letztere stellte also in unserem Falle den Ort des Dauerrefugiums der Typhusstäbchen dar. Auf die Naunynschen[2]) Anschauungen über die entzündlichen Grundursachen der Cholelithiasis wollen wir hier nicht eingehen, aber auch für diese bildet unser Fund eine schöne Bestätigung.

Bei der Durchsicht unserer Notizen über die Züchtungsversuche zu Lebzeiten der Frau Bl. fällt sofort auf, daß alle gelieferten Stühle positive Befunde ergaben. Dieser Ausscheidungstypus ist nach unseren Erfahrungen nicht der regelmäßige, sondern wir sehen sonst häufig „bazillenfreie" Pausen zwischen den Bazillenschüben.

„Therapeutisch" hatte Frau Bl. Anfang April 1906 auf unseren Vorschlag Natronsalizyl erhalten, 3,00 p. d., durch das wir, im Anschluß an gute klinische Erfahrungen bei Cholecystitis infectiosa, hofften, der Galle bakterienschädigende Eigenschaften zu verleihen, und aus der gleichen Erwägung heraus: vom 22. Mai 1906 ab längere Zeit oleum terebinthinae mit Äther sulf. āā. (dreimal 10 Tropfen). Während wir in anderen Fällen vorübergehendes Verschwinden der Ebert-Gaffkyschen Bazillen bei dieser Medikation sahen, war hier ein Einfluß auf die Typhusbazillenentleerung nicht zu erkennen.

Nach dem Ableben unserer Bazillenträgerin brachten wir selbstverständlich die Frage der Leichenbehandlung bei der Medizinalverwaltung unseres Landes zur Diskussion. Auf Grund unserer Erfahrungen von der Infektiosität des Darminhaltes der Träger[3]) vertraten wir die Auffassung, daß die Leiche einer solchen Person ebenso wie eine Typhusleiche zu behandeln sei, sowohl was die Aufbahrung als auch die Einsargung und den Transport betrifft. Die Medizinalverwaltung stellte sich auf den gleichen Standpunkt und hat am 26. Oktober 1906 verfügt, daß künftighin die Vorschriften über die Behandlung der Leichen an Typhus Verstorbener wegen der vorhandenen Ansteckungsgefahr auch auf die Leichen notorischer Typhusbazillenträger Anwendung zu finden haben. Dies gilt auch, wenn das Ableben nicht an Typhus erfolgt ist. Für die Beförderung dieser Leichen auf Land- und Wasserstraßen sind

[1]) J. Forster und H. Kayser, Münchener Med. Wochenschr. 1905, Nr. 31.
[2]) B. Naunyn, Klinik der Cholelithiasis.
[3]) Vergl. H. Kayser, Arb. aus d. kaiserl. Gesundheitsamte. 1906. Bd. 24, Heft 1, und P. Klinger, ebenda.

dieselben Gesichtspunkte hinsichtlich der Ausstellung der vorgeschriebenen kreisärztlichen Bescheinigungen wie bei Leichen an Typhus Gestorbener maßgebend.

Zum Schluß dieser Besprechung eines Falles von Bazillentragen in der Gallenblase wollen wir noch eine epidemiologische Erfahrung erwähnen. Für die Ausrottung des in der Irrenanstalt Hördt endemischen Typhus hat sich in ausgezeichneter Weise neben der strengen Isolierung der Kranken und Desinfektionsmaßnahmen unser Vorgehen bewährt, die Abgänge aller Gesunden der seit Jahr und Tag verseuchten Abteilungen, z. T. mehrfach, auf Typhuskeime zu untersuchen sowie alle hierbei eruierten Bazillenträger (darunter auch unsere Frau Bl.) in einem Barackenbau von den übrigen Anstaltsbewohnern getrennt zu halten und eine laufende Desinfektion bei ihnen sicher zu stellen. Die Irrenanstalt ist seitdem typhusfrei geblieben.

Straßburg, Anfang Dezember 1906.



Verlag von
Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

Ableitung und Reinigung des stadtbremischen Kanalwassers.

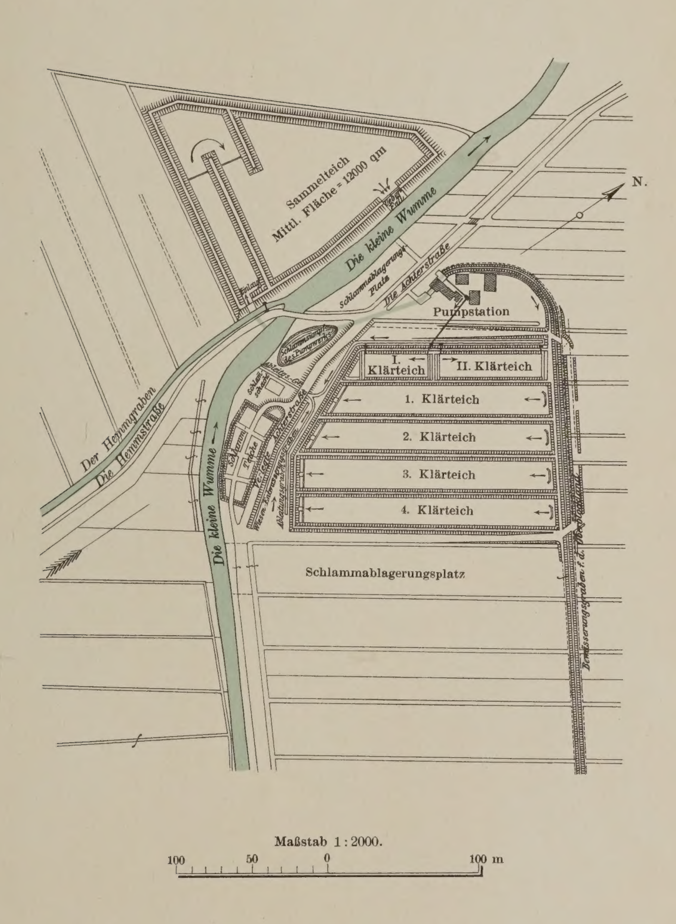
Übersichtsplan.



Verlag von Julius Springer in Berlin.

Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

Lageplan der Kläranlage in der Wetterung.



Verlag von Julius Springer in Berlin. Techn.-art. Anstalt von Alfred Müller in Leipzig.

Verlag von **Julius Springer** in **Berlin.**

Vierter Band. — Mit Abbildungen im Text. — **Preis M. 18,—.**

Fünfter Band. — Mit 14 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 28,—.**

Sechster Band. — Mit 6 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 28,—.**

Siebenter Band. — Mit 22 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 36,—.**

Achter Band. — Mit 26 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 45,—.**

Neunter Band. — Mit 21 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 33,—.**

Zehnter Band. — Die Cholera im Deutschen Reiche im Herbst 1892 und Winter 1892/93. Mit 15 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 35,—.**

Elfter Band. — Mit 19 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 30,—.**

Zwölfter Band. — Mit 15 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 35,—.**

Dreizehnter Band. — Mit 4 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 19,—.**

Vierzehnter Band. — Mit 15 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 33,—.**

Fünfzehnter Band. — Mit 11 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 24,—.**

Sechzehnter Band. — Bericht über die Tätigkeit der zur Erforschung der Pest im Jahre 1897 nach Indien entsandten Kommission, erstattet vom Geheimen Medizinalrat Professor Dr. Gaffky, Professor Dr. Pfeiffer, Professor Dr. Sticker und Stabsarzt Dr. Dieudonné. Nebst einer Anlage: Untersuchungen über die Lepra, von Professor Dr. Sticker. Mit 9 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 24,—.**

Siebzehnter Band. — Mit 3 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 26,—.**

Achtzehnter Band. — Mit 13 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 27,—.**

Neunzehnter Band. — Mit 14 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 32,—.**

Zwanzigster Band. — Mit 9 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 28,—.**

Einundzwanzigster Band. — Mit 16 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 30,—.**

Zweiundzwanzigster Band. — Mit 10 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 36,—.**

Dreiundzwanzigster Band. — Mit 2 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 22,—.**

1. Ergebnisse der Weinstatistik für 1903. Einleitung. Von Dr. A. Günther. — Berichte der staatlichen Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der weinstatistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
2. Ergebnisse der Moststatistik für 1904. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
3. Dr. Th. Paul und Dr. A. Günther, Untersuchungen über den Säuregrad des Weines auf Grund der neueren Theorien der Lösungen. 1. Abhandlung: Theoretische Betrachtungen über den Säuregrad des Weines und die Methoden zu seiner Bestimmung.
4. Dr. O. Sackur, Zur Kenntnis der Kupfer-Zinklegierungen. Auf Grund von gemeinsam mit Dr. P. Mauz und Dr. A. Siemens ausgeführten Versuchen.
5. Dr. P. Waentig, Über den Gehalt des Kaffeegetränkes an Koffein und die Verfahren zu seiner Ermittelung.
6. Dr. Th. Paul, Dr. W. Ohlmüller, Dr. Heise u. Dr. Auerbach, Untersuchung über die Beschaffenheit des zur Versorgung der Haupt- und Residenzstadt Dessau benutzten Wassers, insbesondere über dessen Bleilösungsfähigkeit.
7. Dr. B. Kühn, Über den Nachweis und die Bestimmung kleinster Mengen Blei im Wasser.
8. Über das Wesen und die Verbreitung der Wurmkrankheit (Ankylostomiasis) mit besonderer Berücksichtigung ihres Auftretens in deutschen Bergwerken. Unter Mitwirkung von Dr. Löbker u. Dr. H. Bruns bearbeitet im Kaiserl. Gesundheitsamte.
9. Dr. S. v. Prowazek, Untersuchungen über den Erreger der Vaccine. II.
10. F. Koske, Der Bacillus pyocyaneus als Erreger einer Rhinitis und Meningitis haemorrhagica bei Schweinen. (Ein Beitrag zur Ätiologie der Schnüffelkrankheit.)
11. Dr. S. v. Prowazek, Morphologische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über Hühnerspirochaeten. Anhang: Beschreibung von Spirochaeta anodontae nov. spec. Von Dr. Keysselitz. Mit 2 Tafeln.
12. Dr. E. von Dungern u. Dr. H. Smidt, Über die Wirkung der Tuberkelbazillenstämme des Menschen und des Rindes auf anthropoide Affen.

Vierundzwanzigster Band. — Mit 4 Tafeln und Abbildungen im Text. — **Preis M. 23,—.**

1. Dr. Klinger, Über neuere Methoden zum Nachweise des Typhusbazillus in den Darmentleerungen.
2. Dr. L. Stühlinger, Über einen Ersatz der lebenden Bakterienkulturen zur Beobachtung des Agglutinationsphänomens.
3. Dr. M. Herford, Das Wachstum der zwischen Bacterium coli und Bacillus typhi stehenden Spaltpilze auf dem Endoschen Fuchsinagar.
4. Dr. v. Drigalski, Über ein Verfahren zur Züchtung von Typhusbazillen aus Wasser und ihren Nachweis in Brunnenwasser.
5. Dr. Seige u. Dr. Gundlach, Die Typhus-Epidemie in W. im Herbst 1903. Mit 1 Tafel.
6. Dr. Matthes u. Dr. Gundlach, Eine Trinkwasserepidemie in R. Mit 1 Tafel.
7. Dr. P. Klinger, Über Typhusbazillenträger.
8. Dr. H. Conradi, Über den Zusammenhang zwischen Endemien und Kriegsseuchen in Lothringen.
9. Dr. Matthes u. Dr. G. Neumann, Eine Trinkwasserepidemie in S.
10. Dr. M. Beck u. Dr. W. Ohlmüller, Die Typhus-Epidemie in Detmold im Herbst 1904. Gutachten im amtlichen Auftrage erstattet. Mit 1 Tafel.
11. Dr. K. Olbrich, Die Typhusepidemie in G. im Winter 1903/04.
12. Dr. H. Kayser, Milch und Typhusbazillenträger.
13. Dr. H. Kayser, Über die Gefährlichkeit von Typhusbazillenträgern.
14. F. Koske, Die Beziehungen des Bacillus pyogenes suis zur Schweineseuche.
15. Dr. Xylander, Ein bei Ratten gefundenes Bakterium der Friedländerschen Gruppe.
16. R. Gonder (Rovigno), Achromaticus vesperuginis (Dionisi). Mit 1 Tafel.
17. Dr. F. Bock, Zur Typhusdiagnose.
18. Dr. F. Bock, Untersuchungen über Bakterien aus der Paratyphusgruppe.
19. Prof. Dr. Beck, Über einen Fruchtäther bildenden Mikrokokkus (Micrococcus esterificans).
20. Dr. A. Siemens, Untersuchungen über roten Phosphor.
21. F. Koske, Untersuchungen über Schweinepest.
22. Ergebnisse der Weinstatistik für 1904. Berichte der staatlichen Untersuchungsanstalten, welche mit der Ausführung der statistischen Untersuchungen betraut sind. Gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
23. Ergebnisse der Moststatistik für 1905. Berichte der beteiligten Untersuchungsstellen, gesammelt im Kaiserl. Gesundheitsamte.
24. Dr. Emil Baur und Dr. Hermann Barschall, Beiträge zur Kenntnis des Fleischextraktes.
25. Dr. Emil Baur und Dr. Eduard Polenske, Über ein Verfahren zur Trennung von Stärke und Glykogen.

Arbeiten aus der
Kais. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Erster Band. Preis M. 25,—.

Heft I. *Mit 1 Taf. Preis 5 M.* Inhalt: Rörig, Magenuntersuchungen land- u. forstw. wichtiger Vögel. Frank, Der Erbsenkäfer. Frank, Beeinflussung von Weizenschädigungen.
Heft II. *Mit 2 Taf. Preis 7 M.* Inhalt: Frank, Bekämpfung des Unkrautes durch Metallsalze. Hiltner, Wurzelknöllchen der Leguminosen. Jacobi, Aufnahme von Steinen durch Vögel. Rörig, Bekämpfung des Schwammspinners.
Heft III. *Mit 2 Taf. Preis 13 M.* Inhalt: Rörig, Die Krähen Deutschlands.

Zweiter Band. Preis M. 28,—.

Heft I. *Mit 7 Taf. Preis 10 M.* Inhalt: Tubeuf, Schüttekrankheit der Kiefer.
Heft II. *Mit 1 Taf. Preis 8 M.* Inhalt: Tubeuf, Brandkrankheiten des Getreides. — Schüttekrankheit der Kiefer.
Heft III. *Mit 1 Taf. Preis 4 M.* Inhalt: Appel, Einmieten der Kartoffeln. Tubeuf, Brandkrankheiten des Getreides.
Heft IV. *Mit 7 Abb. u. 1 Karte. Preis 2 M.* Inhalt: Jacobi und Appel, Kaninchenplage und ihre Bekämpfung. Jacobi, Der Ziesel in Deutschland.
Heft V. *Mit 3 Taf. Preis 4 M.* Inhalt: Aderhold, Clasterosporium carpophilum Aderh. Fusicladium dendriticum Tuck. Tubeuf, Triebsterben der Weiden.

Dritter Band. Preis M. 28,—.

Heft I. *Mit 4 Textabb. Preis 4 M.* Inhalt: Hiltner, Keimungsverhältnisse der Leguminosensamen.
Heft II. *Preis 2 M.* Inhalt: Moritz, Wirkung insekten- und pilztötender Mittel auf Pflanzen.
Heft III. *Mit 4 Taf. Preis 8 M.* Inhalt: Hiltner und Störmer, Wurzelknöllchen der Leguminosen.
Heft IV. *Mit 4 Taf. Preis 8 M.* Inhalt: Aderhold, Kirschbaumsterben am Rhein. Appel, Schwarzbeinigkeit und Knollenfäule der Kartoffel.
Heft V. *Mit 2 Taf. Preis 6 M.* Inhalt: Hiltner und Störmer, Bakterienflora des Ackerbodens.

Vierter Band. Preis M. 27,—.

Heft I. *Mit 3 Taf. Preis 6 M.* Inhalt: Rörig, Wirtschaftliche Bedeutung der insektenfressenden Vögel. — Untersuchungen über die Nahrung unserer heimischen Vögel.
Heft II. *Preis 3 M.* Inhalt: Moritz und Scherpe, Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoff. Ruhland, Wirkung des unlöslichen basischen Kupfers auf Pflanzen.
Heft III. *Mit 1 Taf. Preis 6 M.* Inhalt: Hiltner und Peters, Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. — Krüger, Gürtelschorf der Zuckerrüben.
Heft IV. *Mit 2 Taf. Preis 9 M.* Inhalt: Busse, Krankheiten der Sorghum-Hirse.
Heft V. *Mit 1 Taf. Preis 3 M.* Inhalt: Aderhold und Ruhland, Obstbaum-Sklerotinien. — Appel und Börner, Zerstörung der Kartoffeln durch Milben.

Fünfter Band.

Heft I. *Mit 3 Taf. Preis 3 M.* Inhalt: Maaßen, Über Gallertbildungen in den Säften der Zuckerfabriken.
Heft II. *Mit 3 Taf. Preis 4 M. 50 Pf.* Inhalt: Rörig und Börner, Über das Gebiß mitteleuropäischer rezenter Mäuse.
Heft III. *Preis 2 M.* Inhalt: Hiltner und Peters, Wirkung der Strohdüngung auf die Fruchtbarkeit des Bodens.
Heft IV. *Mit 1 Taf. Preis 2 M. 50 Pf.* Inhalt: Appel, Fusarien und die von ihnen hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten. — Appel und Bruck, Sclerotinia Libertiana als Schädiger von Wurzelfrüchten.
Heft V. *Mit 1 Taf. Preis 3 M. 50 Pf.* Inhalt: Marcinowski, Zur Biologie und Morphologie von Cephalobus elongatus de Man und Rhabditis brevispina Claus. — Rörig, Magenuntersuchungen heimischer Raubvögel.
Heft VI. *Mit 2 Taf. Preis 3 M. 50 Pf.* Inhalt: Aderhold und Ruhland, Der Bakterienbrand der Kirschbäume. — Busse, Untersuchungen über die Krankheiten der Zuckerrübe.

Mitteilungen aus der
Kais. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Heft I. Die Kais. Biologische Anstalt für Land- u. Forstwirtschaft in Dahlem. Von Dr. R. Aderhold. *Mit 10 Abb. Preis 40 Pf.*
Heft II. Bericht über die Tätigkeit der Kais. Biologischen Anstalt im Jahre 1905. Erstattet vom Direktor Dr. R. Aderhold. *Preis 60 Pf.*

Jedes Heft ist einzeln käuflich!

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Druck von E. Buchbinder in Neu-Ruppin.